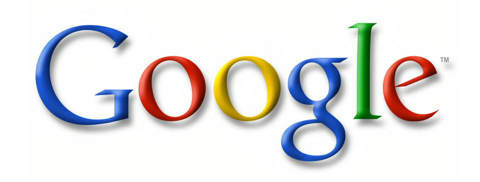




ANATOMIE, HISTOLOGIE ET PHYSIOL

ANGER. Nouveaux Éléments d'anatomie par Benjamin Anger, chirurgien des hôpitaux, pr la Faculté de Paris. 1 vol. in-8, avec 1079 figures 12 pl. col...
Séparément, le texte. 1 vol. in-8...............
Séparément, l'atlas. 1 vol. in-4..............

BEAUNIS. Nouveaux Éléments de physiolo carré de 700 pages, avec 200 fig., cart.

BEAUNIS et BOUCHARD. Nouveaux Élémen descriptive et d'embryologie, par H. Beau la Faculté de médecine de Nancy, et H. Bouchard, à la Faculté de médecine de Nancy. *Deuxième* in-8, avec 121 fig. dessinées d'après nature. Car

CRUVEILHIER (J.). Traité d'anatomie patho rale. *Ouvrage complet.* 5 vol. in-4.............

FAU ... élémentaire de ... figures de ...

KU ... **siologie d'h** ... par Duval, ... vol. in-18 ...

MA ... **le chirurgi** ... J.-F. Ro ... *édition*

MAS ... **anatomie des** Masse. 1 vol. in-12 de 700 pages. Cartonné........

MOREL. Traité élémentaire d'histologi C. Morel, professeur à la Faculté de médecine avec un atlas de 21 planches.........................

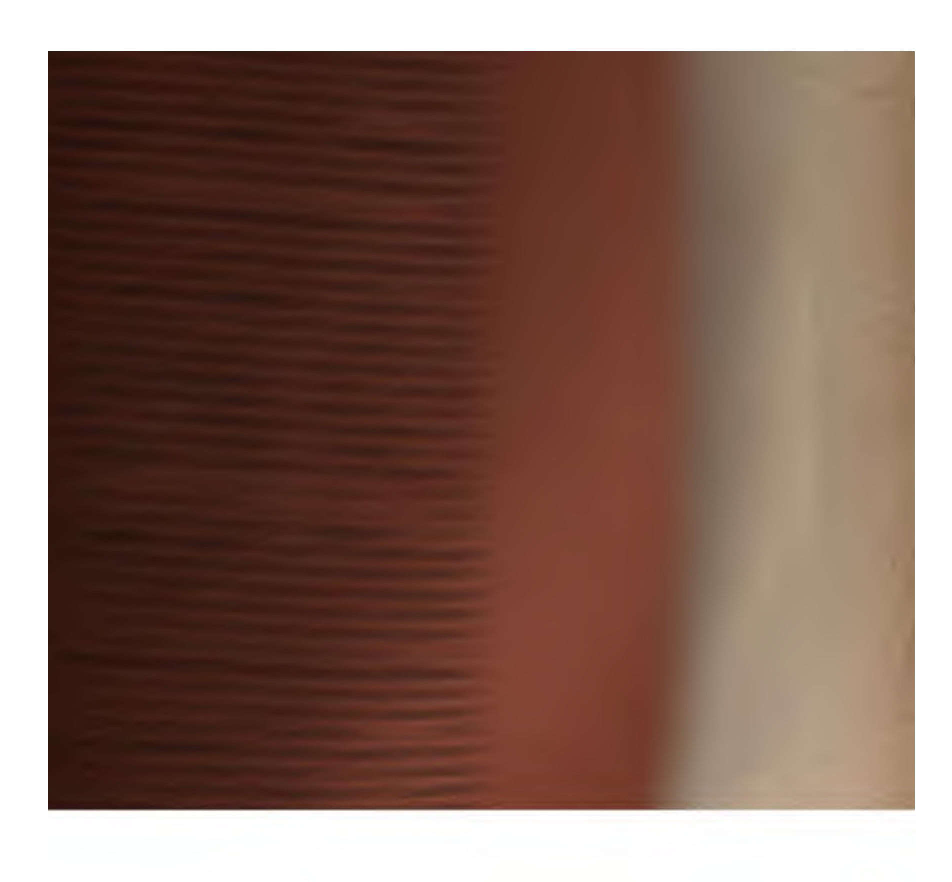
MULLER. Manuel de physiologie, par J. *édition,* par E. Littré, membre de l'Institut. 320 figures...

RINDFLEISCH. Traité d'histologie patholo fleisch, professeur à l'Université de Bonn, tr Gross, professeur agrégé à la Faculté de médec in-8 de 740 pages, avec 260 figures..............

ROBIN (Ch.). Programme du Cours d'hi Robin, professeur à la Faculté de médecine. N in-8..

ROBIN (Ch.). Anatomie et physiologie ce cellules animales et végétales, du protoplasma maux et pathologiques qui en dérivent. 1 vol. cart..

Envoi franco contre un mandat



PATHOLOGIE EXTERNE

BERNARD ET HUETTE. **Précis iconographique de médecine opératoire et d'anatomie chirurgicale,** par Cl. BERNARD, membre de l'Institut, et Ch. HUETTE. *Nouveau tirage.* 1 vol. in-18 jésus de 495 pages, avec 113 pl. noires, cartonné........ 24 fr.
— Le même, fig. coloriées, cartonné........................ 48 fr.

CORRE. **La pratique de la chirurgie d'urgence,** par le docteur A. CORRE. 1 vol. in-18 de VIII-216 pages, avec 51 fig...... 2 fr.

GALEZOWSKI (X.). **Traité des maladies des yeux,** par X. GALEZOWSKI, professeur d'ophthalmologie à l'École pratique. *Deuxième édition,* 1 vol. in-8 de 903 pages, avec 470 figures.......... 20 fr.

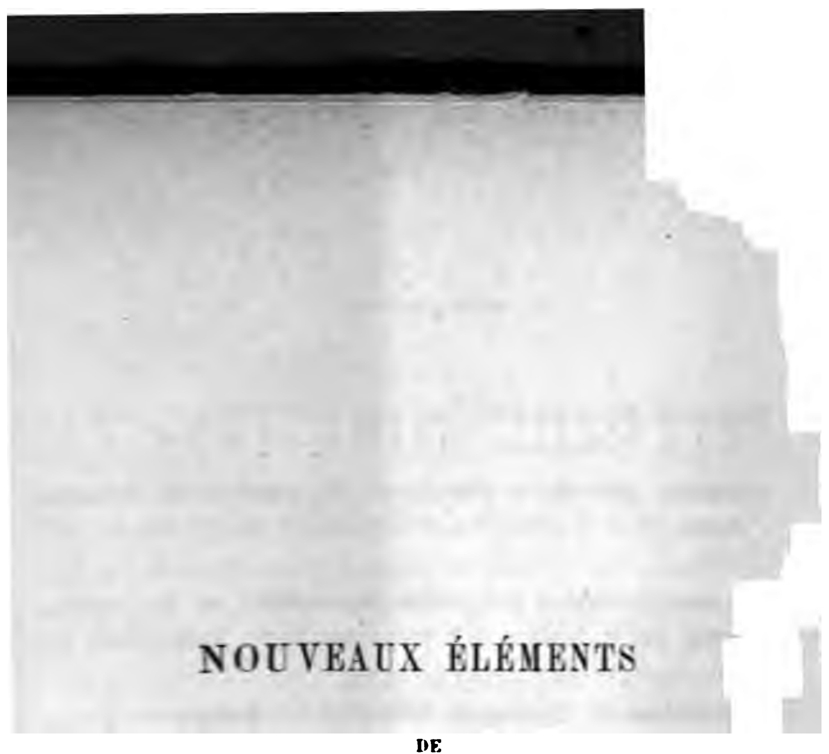
GAUJOT ET SPILLMANN. **Arsenal de la chirurgie contemporaine;** description, mode d'emploi et appréciation des appareils et instruments en usage pour le diagnostic et le traitement des maladies chirurgicales, l'orthopédie, la prothèse, les opérations simples, générales, spéciales et obstétricales, par J. GAUJOT, médecin principal, professeur à l'École du Val-de-Grâce, et E. SPILLMANN, médecin-major, professeur agrégé à l'École de médecine du Val-de-Grâce. 2 vol. in-8 de 800 pag., avec 1855 fig............... 32 fr.

GOFFRES. **Précis iconographique de bandages, pansements et appareils,** par le Dr GOFFRES. *Nouveau tirage.* 1 vol. in-18 jésus de 596 pag., avec 81 pl., fig. noires, cartonné.... 18 fr.
— Le même, fig. coloriées, cartonné........................ 36 fr.

GOSSELIN. **Clinique chirurgicale de l'hôpital de la Charité,** par L. GOSSELIN, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie des sciences. 2 vol. in-8, avec figures........................ 24 fr.

GUYON. **Éléments de chirurgie clinique,** comprenant le diagnostic chirurgical, les opérations en général, les méthodes opératoires, l'hygiène, le traitement des blessés et des opérés, par le docteur Félix GUYON, agrégé de la Faculté de médecine, chirurgien de l'hôpital Necker. 1 vol. in-8 de XXXVIII-672 pages, avec 63 fig. 12 fr.

ROCHARD (J.). **Histoire de la chirurgie française au XIXe siècle,** étude historique et critique sur les progrès faits en chirurgie et dans les sciences qui s'y rapportent depuis la suppression de l'Académie royale de chirurgie jusqu'à l'époque actuelle, par le docteur Jules ROCHARD, directeur du service de santé de la marine. 1 vol. in-8 de XVI-600 pages.............................. 14 fr.



NOUVEAUX ÉLÉMENTS

DE

PHYSIOLOGIE HUMAINE

DU MÊME AUTEUR :

De l'habitude en général. Thèse pour le doctorat en médecine. In-4°. Montpellier, 1856.

Anatomie générale et physiologie du systéme lymphatique. Thèse de concours pour l'agrégation. In-4°. Strasbourg. 1863.

Nouveaux éléments d'anatomie descriptive et d'embryologie, par H. Beaunis et A. Bouchard. In-8°. Deuxième édition. Paris. 1873.

Impressions de campagne, 1870-1871. — Siége de Strasbourg. — Campagne de la Loire. — Campagne de l'Est. (*Gazette médicale de Paris*, 1871-1872.)

De l'organisation du service sanitaire dans les armées en campagne. Brochure in-8°. Paris, 1872.

Programme d'un cours de physiologie fait à la Faculté de médecine de Strasbourg. In-18. Paris, 1872.

Note sur l'application des injections interstitielles à l'étude des fonctions des centres nerveux. In-8°. Paris, 1872, et *Gazette médicale de Paris*, 1872.

Remarques sur un cas de transposition générale des viscères. In-8°. Paris, 1874, et *Revue médicale de l'Est*, 1874.

La force et le mouvement. (*Revue scientifique*, 1874.)

Les principes de la physiologie. Leçon d'ouverture du cours de physiologie. Brochure in-8°. Nancy, 1875.

NOUVEAUX ÉLÉMENTS

DE

PHYSIOLOGIE HUMAINE

COMPRENANT LES PRINCIPES

DE LA PHYSIOLOGIE COMPARÉE ET DE LA PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

PAR

H. BEAUNIS

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

Illustré de 282 figures intercalées dans le texte

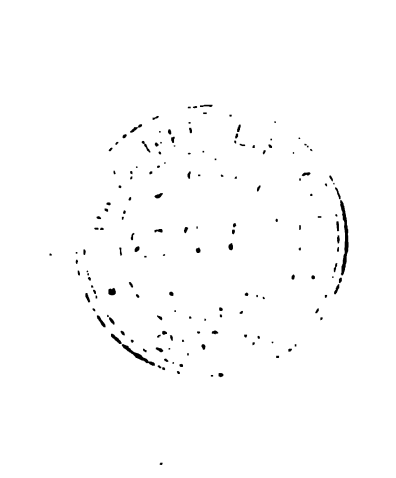


PARIS

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, LIBRAIRES-ÉDITEURS

19, RUE HAUTEFEUILLE, PRÈS DU BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1876



PRÉFACE

Cet ouvrage se divise en quatre parties.

Dans la première, intitulée *Prolégomènes*, sont traitées les questions générales qui servent d'introduction à la physiologie humaine, telles que celles de la *corrélation des forces, des caractères des êtres vivants*, etc.

La seconde est attribuée tout entière à la *chimie physiologique*.

La troisième et la plus considérable est consacrée à la *physiologie de l'individu* : une première section comprend la *physiologie générale, physiologie cellulaire, physiologie des tissus, physiologie générale de l'organisme* ; une seconde section comprend la *physiologie spéciale*, c'est-à-dire les *fonctions de l'organisme humain*.

Enfin, la dernière partie traite de la *physiologie de l'espèce*.

Ce plan, tel que je viens de le résumer d'une façon succincte, je l'ai déjà suivi dans mes cours et mes conférences, soit à la Faculté de Strasbourg comme agrégé, soit à la Faculté de Nancy comme professeur de physiologie, et j'en ai déjà indiqué les traits principaux dans mon *Programme de physiologie*.

Ce n'est pas cependant sans de longues hésitations que je l'ai transporté du cours au livre et que je me suis décidé à rompre avec la tradition classique, malgré l'autorité de noms tels que ceux de Bichat, Bérard, Longet, etc. Mais on ne manque pas de respect aux maîtres de la science en changeant les divisions qu'ils ont établies, quand ces

divisions sont devenues insuffisantes et incomplètes; on manquerait à la science en les conservant.

Depuis l'époque à laquelle écrivait Bichat, la physiologie s'est transformée; deux grandes lois, celle de la *corrélation des forces* et celle de l'*évolution des êtres vivants* (*transformisme*), sont venues révolutionner les sciences physiques et naturelles, et opèrent aujourd'hui la même révolution dans la physiologie humaine; des chapitres nouveaux se sont ajoutés aux anciens; la *chimie physiologique* a accumulé découvertes sur découvertes; le microscope nous a révélé toute une physiologie inconnue autrefois, celle de la cellule et des éléments anatomiques, etc. Ces découvertes, ces idées nouvelles, le physiologiste doit les accepter, et il serait puéril de vouloir immobiliser la science dans un moule de convention parce que ce moule a été créé par Bichat.

Les matériaux amassés dans ces dernières années sont tellement nombreux qu'il est souvent peu aisé de choisir entre des faits parfois contradictoires, d'interprétation difficile, et dont la valeur scientifique dépend de la valeur même de l'observateur. La science est encombrée d'expériences douteuses, de faits mal étudiés, de conclusions fausses, de théories prématurées; tout le monde est un peu physiologiste aujourd'hui, et ce n'est pas chose facile que de déblayer tous ces matériaux et que de distinguer le vrai physiologiste du physiologiste de rencontre. Aussi n'ai-je pas la prétention, incompatible avec la nature même de ce livre, d'avoir été complet; je crois cependant n'avoir rien omis d'essentiel et avoir utilisé tous les travaux sérieux et intéressants. Quant aux autres, le lecteur ne pourra se

derniers temps, et le nombre des appareils et des instruments s'est considérablement augmenté. Il était impossible de les décrire tous; il a fallu forcément faire un choix; mais les plus importants ont été décrits et figurés dans le cours de l'ouvrage, et tous ceux qui ont une certaine valeur ont été mentionnés avec l'indication bibliographique qui permettra au lecteur de recourir au travail original.

Les questions générales, trop négligées aujourd'hui dans les ouvrages classiques, ont été traitées le plus brièvement possible, mais avec assez de développement pour en faire ressortir toute l'importance et en indiquer les traits principaux. C'est ainsi que le lecteur trouvera, dans les Prolégomènes, des études sur la *force* et le *mouvement*, les *caractères de la vie*, les *différences des animaux et des végétaux*, la *place de l'homme dans la nature*, et que les questions de l'*espèce* et de son origine, de l'*origine de l'homme*, de l'*homme primitif*, etc., sont exposées dans l'esprit des théories modernes.

L'auteur n'a pas cru non plus que la physiologie dût laisser de côté, pour l'abandonner aux philosophes, la partie psychologique de la *physiologie cérébrale*; pour lui, en effet, à l'exemple de l'école anglaise, la psychologie trouve dans la physiologie sa base la plus sûre et la plus solide; aussi n'a-t-il pas craint de traiter, en s'appuyant sur les données physiologiques, les questions des *sensations*, des *idées*, du *langage*, de la *conscience*, de la *volonté*, etc., et si les limites de ce livre lui ont interdit de s'étendre sur ces sujets, il espère en avoir assez dit pour en préciser nettement les points essentiels.

J'appellerai maintenant l'attention du lecteur sur quelques innovations introduites dans ce livre.

faciliter son travail, j'ajoute quelques planches représentant l'anatomie de la grenouille, l'animal le plus facile à se procurer et avec lequel on peut répéter la plupart des expériences fondamentales de la physiologie.

Connaissant la facilité avec laquelle s'oublient les formules et les réactions des principes organiques, et l'embarras qui en résulte pour l'étudiant quand il rencontre des termes dont il a oublié la signification, j'ai donné, dans un appendice et par ordre alphabétique, les formules, les caractères et les réactions principales de toutes les substances de l'organisme; le lecteur aura donc immédiatement sous la main, en cas d'oubli, les renseignements qui lui font défaut, et n'aura besoin de recourir à un traité de chimie que quand il voudra se livrer à une étude plus approfondie.

Un court chapitre de toxicologie physiologique résume l'action des anesthésiques, du curare et des principaux toxiques usités en physiologie.

Un grand nombre de figures originales, dessins d'appareils et d'instruments, régions anatomiques, figures schématiques, ont été gravées pour ce livre; un certain nombre de figures ont été empruntées aux ouvrages de Cl. Bernard, Bert, Colin, Küss, Mandl, Marey, Ch. Robin, Wundt, etc.

Pour toutes les notions anatomiques que nécessite la lecture d'un traité de physiologie, je renverrai le lecteur aux *Nouveaux Éléments d'anatomie humaine et d'embryologie*, par Beaunis et Bouchard; 2e édition, 1873.

Septembre 1875.

BEAUNIS.

construite à peu près sur le modèle des amphithéâtres d'anatomie; cette salle doit représenter la partie centrale du laboratoire, la pièce dans laquelle toutes les autres s'ouvrent.

2° Une salle plus petite pour la micrographie, les expériences délicates, les appareils de précision (balances, appareils d'électricité, etc.);

3° Une salle servant de laboratoire de chimie et possédant l'installation nécessaire pour tout ce qui concerne la chimie physiologique;

4° Une petite pièce, pouvant être transformée facilement en chambre obscure, pour certaines expériences de physique physiologique et spécialement d'optique;

5° Enfin, s'il est possible, on réservera avec avantage deux pièces servant d'ateliers de moulage et de photographie.

L'installation du laboratoire, en dehors de l'outillage qui sera vu plus loin, comprend deux choses principales, le gaz et l'eau. Cette installation peut se résumer en quelques mots : du gaz et de l'eau partout, de façon à pouvoir conduire où l'on veut, à l'aide de tubes de caoutchouc, le gaz et l'eau dans un point quelconque du laboratoire. Si la pression de l'eau est suffisante, on peut, à l'aide d'une trompe de laboratoire, faire marcher un petit moteur hydraulique et on a ainsi une force motrice qu'on a bien souvent lieu d'utiliser, par exemple pour pratiquer la respiration artificielle. Si la pression d'eau est insuffisante, il faut avoir recours à une petite machine à vapeur.

L'espace intérieur réservé aux animaux doit être dallé, en partie couvert et divisé en circonscriptions distinctes suivant la nature des animaux, auxquels, autant que possible, on doit, en outre de l'abri qui les loge, laisser un peu d'espace et une certaine liberté. La grandeur et la forme des niches et des cages seront appropriées à l'espèce d'animaux qu'elles doivent renfermer (chiens, chats, lapins, cabiais, poules, etc.). Des niches distinctes, séparées des autres, permettront d'isoler complétement les animaux après l'opération. Quelques-unes des niches et des cages auront un fond à jour qui permettra de recueillir les urines (*voir* page 154) Les cages pour les petits animaux (rats, souris, oiseaux, etc.), seront placées dans le laboratoire même, dans la salle des vivisections. Un bassin, avec des plantes aquatiques, recevra les grenouilles, les poissons, les animaux aquatiques dont on peut avoir besoin, et alimentera les divers aquariums du laboratoire.

bouche de l'animal dont la tête est saisie par les deux mors; l'appareil est fixé à la planchette sur laquelle est attaché l'animal, auquel tout mouvement devient impossible.

Il faut toujours se rappeler que la simple contention mécanique de l'animal réagit toujours sur sa circulation et sur sa respiration, et il est prudent d'attendre que l'état normal soit revenu avant de commencer l'opération. Cette précaution est surtout nécessaire quand il s'agit d'étudier le pouls, la pression sanguine, la respiration, la température, etc. Ainsi l'immobilisation d'un animal fait baisser sa température.

b. *Anesthésie.* — Voir pour l'action et le mode d'emploi des divers anesthésiques, le chapitre : *Toxicologie physiologique; anesthésiques,* page 1073.

c. *Immobilisation par le curare.* — Le curare ayant la propriété de paralyser les nerfs moteurs en laissant intacts les mouvements du cœur et la plupart des fonctions, Cl. Bernard en a profité pour s'en servir comme de moyen contentif. Chez les animaux à sang froid, comme la grenouille, le procédé est très-commode et peut être employé facilement. Chez les animaux à sang chaud, la paralysie des nerfs des muscles inspirateurs arrête bientôt la respiration et par suite les mouvements du cœur. Il faut donc chez eux pratiquer en même temps la respiration artificielle. Pour cela, on introduit dans la trachée une canule à laquelle s'adapte un soufflet avec lequel on souffle de l'air dans les poumons en imitant autant que possible le rhythme et l'ampleur des mouvements respiratoires de l'animal; l'air expiré s'échappe par une ouverture latérale de la canule. Gréhant a imaginé un appareil dans lequel le soufflet est mû par un excentrique, qu'on peut raccourcir ou allonger à volonté, et qui se rattache lui-même à une roue mise en mouvement par une courroie de transmission d'un moteur quelconque. Avec cet appareil, on peut très-facilement entretenir la respiration artificielle pendant plusieurs heures.

3° *Opération.* — Le mode opératoire varie évidemment suivant l'opération elle-même, il n'y a là qu'à suivre les règles ordinaires de la médecine opératoire; le physiologiste doit être en effet doublé d'un chirurgien, et il doit connaître à fond toutes les ressources de la chirurgie pour pouvoir les employer au besoin. Aussi n'y a-t-il pas lieu de tracer ici des règles spéciales pour les vivisections; seulement le but du physiologiste étant tout autre que celui du chirurgien, la marche à suivre est un peu diffé-

complète, c'est-à-dire que le physiologiste doit s'aider de toutes les ressources du microscope et de l'analyse chimique.

L'autopsie une fois faite, un autre devoir s'impose, celui de conserver tout ce qui peut présenter un intérêt physiologique ou anatomique; chaque laboratoire de physiologie doit, au bout de quelques années, posséder un véritable musée de physiologie pathologique, et au bout de quelque temps, la réunion de toutes ces pièces, dont le numéro d'ordre renvoie à l'histoire détaillée de l'observation, constituera un ensemble précieux de documents.

3° *Micrographie.*

Le microscope doit être à demeure sur la table du physiologiste. Même en mettant à part les recherches de physiologie élémentaire et histologique qui en demandent l'emploi continu, il n'y a pas de recherche physiologique, quelle qu'elle soit, qui ne puisse exiger, à un moment donné, l'intervention du microscope. Naturellement l'outillage micrographique devra être très-complet et tenu toujours au courant des progrès modernes, mais ce n'est pas ici le lieu de développer ce sujet, pour lequel je renvoie aux traités spéciaux.

4° *Chimie physiologique.*

Les mêmes réflexions peuvent s'appliquer à la chimie physiologique qui a pris tant d'extension dans ces dernières années ; sans vouloir exiger du physiologiste une universalité qu'aucun homme ne peut atteindre, il faut cependant que son laboratoire soit outillé pour qu'il puisse y faire toutes les recherches possibles de chimie physiologique. Là encore, c'est aux ouvrages spéciaux que je renverrai le lecteur. Outre les réactifs et les produits usuels, tout laboratoire de physiologie doit posséder une collection de produits de chimie physiologique et de toxicologie.

5° *Appareils et instruments.*

Outre les appareils et les instruments spéciaux pour les vivisections, la micrographie et la chimie physiologique, le labora-

de 0 à 24, correspond à la base d'une ordonnée. L'ordonnée qui correspond au zéro constitue la *ligne des ordonnées*; on y marque les degrés du thermomètre en allant de bas en haut, de façon que chaque degré corresponde à l'endroit où les lignes horizontales rencontrent la ligne des ordonnées. On inscrit alors, pour chaque heure de la journée, le degré de température obtenu en plaçant le chiffre à l'intersection de l'abscisse et de l'ordonnée correspondante. Si on réunit les points ainsi obtenus par des lignes, on a une courbe continue qui représente graphiquement la marche de la température dans les 24 heures. En général, les temps et les durées s'inscrivent sur la ligne des abscisses, les intensités sur la ligne des ordonnées. Mais tout phénomène ou toute loi *à 2 variables* peut toujours se représenter de la même façon. C'est ainsi qu'on a dressé les courbes de la population d'un pays d'année en année, de la mortalité suivant les âges, etc., etc.

Avec ces graphiques, on peut avoir facilement les *moyennes* par un procédé mécanique, celui de Volkmann. Le papier sur lequel est inscrit le graphique doit être d'une épaisseur très-égale et très-uniforme de texture. On découpe le papier en suivant la courbe du graphique, la ligne des abscisses et les deux ordonnées extrêmes; le poids donne le poids total du graphique, et s'il s'agit, par exemple, d'une courbe de température, le poids correspond à la totalité des degrés observés; ce poids total divisé par le nombre de jours, donnera le poids moyen ou autrement dit la température moyenne par jour.

2° *Enregistrement graphique direct des phénomènes physiologiques.* — Une grande partie des phénomènes physiologiques ne sont autre chose que des phénomènes de mouvement mécanique qui peuvent toujours, par conséquent, se transmettre à un levier, soit immédiatement, soit, s'ils sont trop faibles, après avoir été amplifiés. Si on place à l'extrémité oscillante de ce levier un pinceau et qu'on mette ce pinceau en contact avec une feuille de papier, les oscillations du levier s'inscriront sur cette feuille et y traceront le graphique du mouvement. Si la feuille est immobile, les graphiques se superposeront, et si le mouvement se fait dans le sens vertical, le pinceau tracera une simple ligne droite verticale; mais si la feuille se déplace d'un centimètre, par exemple, par seconde, les mouvements du levier donneront non plus une ligne verticale, mais une ligne courbe et on aura un

sente plus de difficultés; cependant ces difficultés ont été surmontées et on enregistre des mouvements aussi imperceptibles que ceux du pouls et aussi étendus que ceux de la course.

b. *Transmission du mouvement.* — La transmission du mouvement jusqu'au levier écrivant peut se faire de plusieurs façons et, dans un appareil donné, il pourra y avoir successivement plusieurs modes de transmission.

Fig. II. — Tambour du polygraphe de Marey.

Cette transmission peut se faire *par l'air*, comme dans les sonnettes à air. C'est ce qui se fait, par exemple, dans un des appareils les plus utiles en physiologie, le *tambour du polygraphe* de Marey (*fig.* II). Il consiste en une petite capsule métallique sur l'ouverture de laquelle se trouve tendue une membrane de caoutchouc qui la ferme complétement. Sur la membrane de caoutchouc est collée une petite plaque d'aluminium rattachée par une petite fourchette à un levier écrivant, de façon que tous les mouvements de soulèvement et d'abaissement de la membrane se traduisent par des ascensions et des descentes correspondantes du levier agissant comme un levier du troisième genre. L'intérieur du tambour contient de l'air et communique avec l'extérieur par un tube sur lequel on peut adapter un tube de caoutchouc. Toutes les fois que l'air du tambour subit une augmentation de pression, la membrane de caoutchouc s'élève, et avec elle le levier écrivant; c'est l'inverse quand la pression diminue. Ainsi, si on met en rapport cet appareil avec la trachée d'un animal, ou chez l'homme avec une narine (voir page 434), les variations de pression de l'air des voies aériennes réagissent sur la membrane du tambour et le levier baisse dans l'inspiration et monte dans l'expiration (voir, pages 434 et 435, les graphiques recueillis par ce procédé). Si on met l'air du tambour en rapport avec la branche libre d'un manomètre, d'un manomètre à mercure, par exemple, les

lique comme dans les baromètres anéroïdes, et le levier écrivant

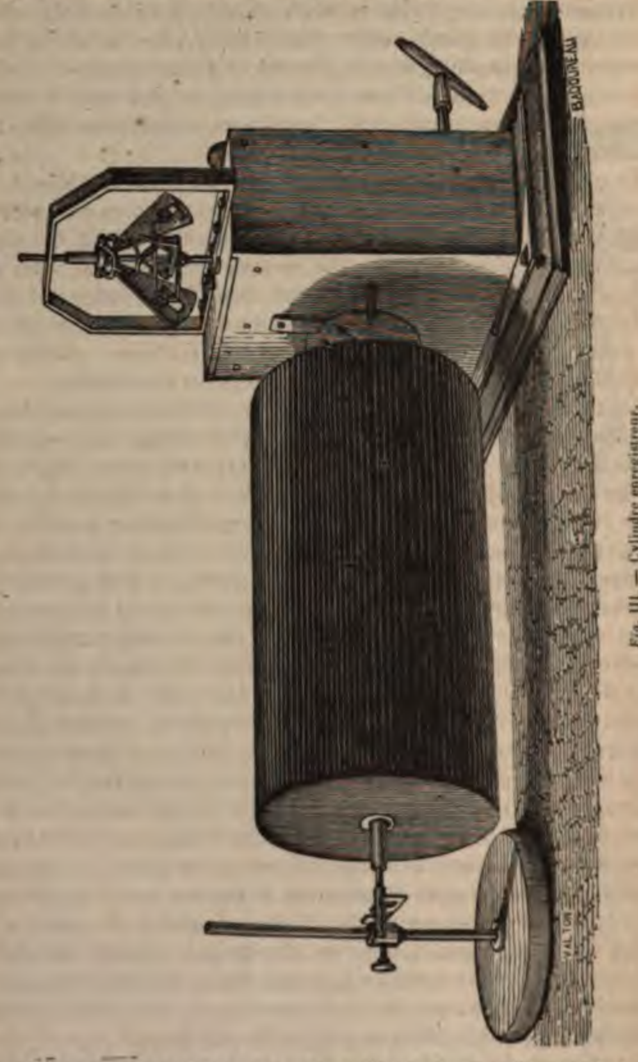


Fig. III. — Cylindre enregistreur.

se trouve rattaché plus ou moins directement à l'extrémité mobile du ressort.

pour cela de faire arriver la dernière contraction musculaire un peu après que le cylindre a accompli un tour entier et ainsi de suite. On obtient le même résultat en déplaçant un peu le cylindre ou mieux en plaçant le myographe sur un chariot (*fig.* 49, p. 264) qui marche dans le sens de la flèche indiquée sur la figure et roule sur un petit chemin de fer parallèle à l'axe de rotation du cylindre. La pointe écrivante décrit alors autour du cylindre un pas de vis très-fin, et les graphiques se superposent en se rapprochant plus ou moins suivant le degré de vitesse du chariot. On a ainsi des graphiques en *imbrication verticale*. Enfin, en combinant les deux espèces d'imbrications, on a l'*imbrication oblique* qui permet de réunir un grand nombre de graphiques sur une petite surface.



Fig. [illegible] — Graphique de la contraction musculaire disposée en imbrication latérale.

La mesure de la durée du mouvement se fait facilement puisqu'on connaît la vitesse du cylindre et sa circonférence ; mais si l'on veut arriver à une grande précision, le meilleur moyen est d'enregistrer en même temps les vibrations d'un diapason ; il suffit d'adapter à une des branches d'un diapason dont le nombre des vibrations est connu, un stylet écrivant et d'enregistrer ces vibrations en même temps que le mouvement qu'on veut étudier, comme on en a un exemple dans la figure 53, page 270. On connaît ainsi par le nombre de vibrations la durée exacte d'un mouvement, quelque rapide qu'il soit. Pour les durées plus longues on peut employer un pendule qui bat les secondes, et qui, en rompant et en fermant tour à tour un courant de pile, produit

complète et plus rigoureuse un grand nombre de phénomènes dont la connaissance était restée très-imparfaite.

C. Étuves et régulateurs. — Les étuves sont nécessaires, non-seulement pour beaucoup d'opérations de chimie pure, mais encore pour une foule d'expériences physiologiques et en particulier pour les digestions artificielles, les incubations artificielles, l'action de températures variées sur les animaux, etc.; il importe surtout de pouvoir régler à volonté la température d'une étuve et de pouvoir y maintenir une température constante. On y arrive facilement à l'aide de *régulateurs*. La figure V représente une étuve avec son régulateur. Quand la température de l'eau de l'étuve s'élève, l'air contenu en 4 se dilate et le niveau du mercure monte, atteint l'orifice du tube métallique (*fig.* VI, *o*) et rétrécit cet orifice de façon que le débit de gaz devient moins considérable et que par suite la température s'abaisse; il est facile de régler ce régulateur de façon à avoir toujours une température déterminée. La figure VII représente une autre espèce de régulateur, le régulateur Schlœsing. Dans celui-ci, le débit du gaz est réglé par une lamelle qui vient s'appliquer plus ou moins sur l'orifice du tube E, suivant qu'elle est repoussée plus ou moins par une membrane qui obture un tube situé vis-à-vis le précédent et rempli de mercure; ici c'est la dilatation même du mercure qui règle le débit du gaz.

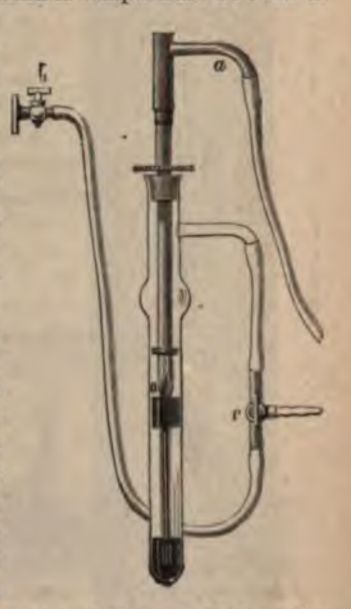


Fig. VI. — Régulateur par dilatation de l'air.

D. Appareils d'électricité. — Ces appareils comprennent :

1° Des appareils pour produire les courants continus, c'est-à-dire les différentes espèces de piles : piles de Daniell (zinc et cuivre), de Grove (zinc et platine), de Bunsen (zinc et charbon), au bichromate, etc. La pile de Daniell est celle qui offre la plus grande constance de la force électro-motrice. Pour les expé-

plus, la pièce E se relève par l'élasticité du ressort qui va toucher la vis *v*, et le courant passe de nouveau. En même temps, à chaque fermeture et ouverture du courant dans la bobine primaire, il se produit dans la bobine secondaire B' des courants instantanés qu'on peut recueillir à l'aide de deux bornes invisi-

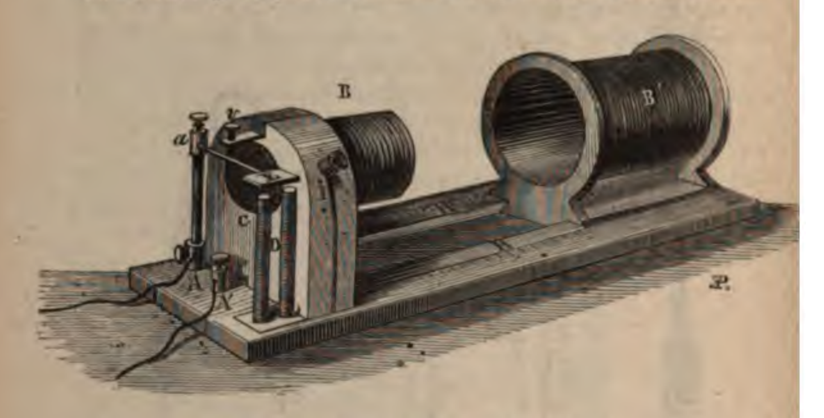


Fig. IX. — Appareil à chariot de Du Bois Reymond.

bles dans la figure. La bobine secondaire glisse dans deux rainures et peut être rapprochée plus ou moins de la bobine primaire qu'elle peut même coiffer complétement, et plus on éloigne les deux bobines, plus on diminue l'intensité du courant induit. Enfin deux bornes I permettent de recueillir l'extra-courant.

3° Des appareils pour ouvrir et fermer le circuit ; en effet, il importe de placer les électrodes avant de fermer le circuit. Le meilleur appareil est le *levier-clef* de Du Bois Reymond (*fig.* X). Il se compose d'une tablette en caoutchouc durci, sur laquelle sont fixées deux bornes métalliques A et B. Un prisme en laiton qu'on fait basculer à l'aide d'une poignée isolante C, établit la communication entre les deux bornes quand on l'abaisse, ou l'interrompt quand on le relève, comme dans la figure ; quand on relève la clef, le courant de la pile passe dans le circuit dérivé A I B, quand on l'abaisse, le courant passe en entier à travers le prisme en laiton, et le circuit A I B ne reçoit rien du courant, à cause de sa résistance bien plus considérable.

4° Des appareils ou *commutateurs* qui permettent, non-seule-

rompu; si le ressort *s* appuie sur le cuivre, le courant entre par *d*, va dans la lame de cuivre *a*, de là dans le ressort *s* et dans la borne *e*, parcourt le circuit dans le sens de la flèche, revient à la borne *e'*, va dans le ressort correspondant dans la lame *c*, et sort par *m'*. Pour changer le sens du courant, on fait tourner le cylindre de 180°, de façon que la lame *c* vienne toucher le ressort *s*.

5° Des appareils pour graduer l'intensité des courants constants, *rhéostats*, et pour la description desquels je renvoie aux traités de physique.

6° Des *électrodes* dont la forme et la disposition varient suivant le but qu'on veut obtenir. Pour éviter la polarisation, on se sert habituellement d'électrodes dits *impolarisables*; ils sont constitués essentiellement par des lames de zinc amalgamé plongeant dans une solution de sulfate de zinc. On peut leur donner diverses formes; on peut placer la solution où plonge le zinc amalgamé dans un tube de verre fermé à sa partie inférieure par un bouchon d'argile plastique; on place, comme dans la figure 172, page 724, les parties dans lesquelles doit passer le courant sur des coussinets de papier à filtrer plongeant dans une solution de sulfate de zinc. Donders a figuré et décrit, dans les *Archives de Pflüger*, t. V, page 3, une forme très-commode d'électrodes impolarisables. Les deux électrodes doivent être réunis (en maintenant naturellement leur isolement) et doivent jouir d'une certaine mobilité de façon qu'on puisse leur donner la position qu'on désire; cette mobilité s'acquiert soit en les reliant à leur support par une articulation dite *genou à coquille*, soit, comme le fait Marey, en les rattachant à un tube de plomb qui, grâce à sa flexibilité et à son peu d'élasticité, prend et garde toutes les positions qu'on lui donne.

7° Un *galvanomètre* ordinaire et un *galvanomètre à miroir* avec sa lunette. Je renvoie pour leur description aux traités de physique.

8° Un *interrupteur électrique* de Marey pour obtenir les secousses en imbrication latérale et oblique. (Voir Marey : *Du Mouvement dans les fonctions de la vie*, p. 321.)

9° Des *aiguilles thermo-électriques* de forme et de disposition variables (voir page 703), etc.

Les autres appareils spéciaux sont décrits et la plupart figurés

raison de même dans celle de Paris. Là, en effet, l'immense majorité des étudiants ne sait pas ce que c'est qu'un laboratoire de physiologie, et dans les écoles secondaires il en est de même, vu l'absence complète de laboratoire. On ne peut nier cependant que la physiologie ne soit aussi nécessaire au médecin que l'anatomie et la chimie; on ne comprendrait pas l'étude de l'anatomie et de la chimie sans travaux pratiques, et n'en est-il pas de même pour la physiologie? Il m'a semblé qu'il y avait quelque chose à faire dans cet ordre d'idées, et que dans l'impossibilité de trouver accès dans des laboratoires qui sont insuffisants ou n'existent pas, chaque étudiant pourrait avoir chez lui et à peu de frais *son laboratoire de physiologie.*

Ce laboratoire pourrait comprendre :

1° Les réactifs et les substances les plus nécessaires, eau distillée, acides azotique, sulfurique, chlorhydrique, acétique, sulfhydrique, de l'ammoniaque, de la soude, de la baryte, du chlorhydrate d'ammoniaque, de la teinture d'iode étendue, de l'iodure de potassium, de l'alcool, de l'éther, du chloroforme, du chloral, la liqueur de Barreswill, le réactif de Millon, du papier de tournesol.

2° Les appareils de chimie indispensables, une lampe à alcool avec un support, une douzaine de verres à pied, deux douzaines de tubes à essais, quelques petits ballons, quelques entonnoirs, des agitateurs, quelques tubes de verre de diamètre différent, une fiole à jet, une éprouvette graduée, quelques verres de montre, trois ou quatre capsules en porcelaine de grandeur différente, quelques soucoupes en porcelaine, du papier à filtrer, des bouchons en liége et un perce-bouchons, des tubes en caoutchouc de diverses grandeurs, etc.; deux grands bocaux servant d'aquarium pour les grenouilles, quelques vases et bocaux pour les préparations, un pèse-urine, un bain de sable, etc.

3° Des instruments, instruments ordinaires de dissection, pinces, scalpels fins, ciseaux, etc.; des planchettes de liége pour fixer les grenouilles, un thermomètre ordinaire et un petit thermomètre médical à échelle fractionnée, une seringue à injection sous-cutanée ou simplement une petite seringue en verre à bout effilé; la pointe s'introduit par une piqûre faite à la peau de la grenouille avec les ciseaux; — un sablier marquant la demi-minute; une balance-trébuchet; — une pince de Pulvermacher; — une petite pile au bichromate; — un compas; — un diapason avec une pointe écrivante.

Il serait à désirer qu'un constructeur intelligent prît l'initiative de fabriquer ainsi et de réunir dans une caisse portative et peu volumineuse tous les appareils indiqués ci-dessus; on aurait ainsi le *laboratoire de l'étudiant.*

APPENDICE. — *Anatomie de la grenouille.* — C'est en vue du paragraphe précédent que je donne les six figures suivantes destinées à guider l'étudiant dans la connaissance de la constitution anatomique de la grenouille. Les deux premières figures, qui représentent le squelette de la grenouille, n'ont pas besoin de légende explicative; l'étudiant retrouvera facilement dans l'ostéologie de l'homme les noms des divers os du squelette; les deux figures suivantes représentent l'appareil musculaire; la cinquième, empruntée à Cl. Bernard, figure le système circulatoire, la dernière représente, d'après Ecker, l'ensemble du système nerveux.

Bibliographie. — CL. BERNARD : *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1865, et : *Leçons sur les anesthésiques et l'asphyxie*, 1875 — MAREY : *Du Mouvement dans les fonctions de la vie*, 1868. — ECKER : *Die Anatomie des Frosches*, 1861. — KRAUSE : *Anatomie des Kaninchens*, 1868. — BURTON-SANDERSON : *Handbook for the physiological laboratory*, 1873. Voir aussi les traités de micrographie, de physique et de chimie médicale.

FIGURE XIII.

Squelette de grenouille ; face antérieure.

EXPLICATION DE LA FIGURE XIV.

1, droit supérieur. — 2, temporal. — 3, releveur du bulbe oculaire. — 4, sous-épineux. — 5, trapèze (angulaire de Cuvier). — 6, dépresseur de la mâchoire inférieure. — 7, deltoïde. — 8, triceps. — 9, extenseur de l'avant-bras. — 10, extenseur commun des doigts. — 11, huméro-radial. — 12, grand dorsal. — 13, grand oblique. — 14, long du dos. — 15, petit oblique. — 16, sacro-coccygien. — 17, iléo-coccygien. — 18, faisceau cutané. — 19, grand fessier. — 20, triceps. — 21, biceps. — 22, demi-membraneux. — 23, psoas et iliaque. — 24, biceps. — 25, demi-tendineux. — 26, gastro-cnémien. — 27, péronier. — 28, tibial antérieur. — 29, court extenseur de la jambe. — 30, tibial postérieur. — 31, fléchisseur antérieur du tarse. — 32, aponévrose plantaire — 33, long extenseur du 5e doigt. — 34, long fléchisseur des doigts. — 35, long adducteur du 1er doigt. — 37, transverse plantaire.

EXPLICATION DE LA FIGURE XV.

1, mylo-hyoïdien. — 2, 3, 4, deltoïde. — 5, triceps. — 6, huméro-radial. — 7, fléchisseur radial du carpe. — 8, fléchisseur des doigts. — 9, sterno-radial. — 10, portion sternale du grand pectoral. — 11, portion abdominale du grand pectoral. — 12, grand oblique. — 13, coraco-huméral. — 14, grand droit de l'abdomen. — 15, grand oblique. — 16, vaste interne. — 17, grand adducteur. — 18, long adducteur. — 19, couturier. — 20, droit interne. — 21, court adducteur. — 22, pectiné. — 23, grand adducteur. — 24, demi-tendineux. — 25, extenseur de la jambe. — 26, tibial antérieur. — 27, gastro-cnémien. — 28, extenseur de la jambe. — 29, tibial postérieur. — 30, péronier. — 31, fléchisseur postérieur du tarse. — 32, long extenseur du 5e doigt. — 33, [illegible] enseur du tarse. — 34, long adducteur du 1er doigt.

EXPLICATION DE LA FIGURE XVI.

a, veine allant de la veine cave au cœur en traversant le péricarde. — PP, poumons. — C, cœur. — FF, foie. — VP, veine porte. — *bc*, veines épiploïques. — R, reins. — VJ, veines de Jacobson. — F, veine crurale. — AI, artère iliaque et crurale. — VA, veines abdominales allant se rendre au foie. — VF, veine fémorale.

EXPLICATION DE LA FIGURE XVII.

1, nerf olfactif. — 2, nerf optique. — 3, moteur oculaire commun. — 4, pathétique. — 5, trijumeau et ganglion de Gasser. — 6, moteur oculaire externe. — 7, facial, formé par la réunion de l'anastomose du nerf tympanique avec le rameau communiquant du pneumogastrique, 15. — 8, auditif. — 9, glosso-pharyngien naissant du pneumogastrique. — 10, pneumogastrique et son ganglion. — 11, branche ophthalmique du trijumeau. — 12, nerf palatin. — 13, nerf maxillaire supérieur. — 14, nerf maxillaire inférieur. — 15, rameau communiquant du pneumogastrique anastomosé avec le trijumeau. — 16, nerf pour l'estomac et les intestins. — 17, branche cutanée du pneumogastrique. — 18, nerf crural. — 19, nerf ischiatique. — 20, premier ganglion du sympathique. — 21, dernier ganglion du sympathique. — 22, cordon du sympathique — I à X, nerfs rachidiens.

autres et agissant à distance les unes sur les autres de façon à modifier leurs mouvements réciproques.

Ces atomes sont de deux espèces et l'on admet deux espèces de matière : 1° la *matière pondérable*, dont les atomes s'attirent en raison inverse du carré de la distance (loi de l'attraction universelle de Newton); 2° une *matière impondérable* ou *éther*, dont les atomes se repoussent suivant une loi encore inconnue. Si l'éther avec sa répulsion atomique n'existait pas, les atomes pondérables se trouveraient entraînés l'un vers l'autre par l'attraction, et le cosmos ne formerait plus qu'une masse cohérente où tout mouvement, autrement dit tout phénomène, serait impossible.

Quelques esprits ont cependant poussé plus loin cette synthèse physique. Ainsi Secchi, dans son livre : *De l'Unité des forces physiques*, cherche à expliquer tous les phénomènes matériels par l'éther et par les mouvements de ses atomes. Il n'y aurait plus dans ce cas qu'une seule espèce de matière, la matière impondérable ou éther dont les mouvements expliqueraient la chaleur, la lumière, la gravitation, l'électricité, etc.

D'après la théorie atomique les corps simples sont constitués de la façon suivante : chaque atome matériel est entouré par une atmosphère d'atomes d'éther de densité décroissante à mesure qu'on s'éloigne du centre; c'est à ce petit ensemble d'atomes que Redtenbacher a donné le nom de *dynamides*. Les corps composés sont formés par des agrégations de dynamides ou *molécules*, plus ou moins complexes suivant le nombre de dynamides qui entrent dans une molécule.

Permanence de la matière. — Une des lois les mieux établies de la physique moderne, et c'est à Lavoisier que revient la gloire de l'avoir le premier scientifiquement démontrée, c'est celle de la permanence de la matière. Rien ne se crée, rien ne se perd; la matière ne peut pas plus sortir de rien que rentrer dans le néant; quand elle semble disparaître, elle ne fait que se transformer, que changer d'état, que passer d'une combinaison à une autre. La chimie scientifique quantitative a été créée le jour où cette loi a été formulée, et la nier, c'est rejeter dans le vague la chimie et toutes les sciences qui en dépendent.

Permanence de la force. — L'idée de force est inséparable de l'idée de matière, et, comme on le verra plus loin, nous ne les connaissons toutes deux que par le mouvement. De même que nous avons vu la quantité de matière rester invariable, nous sommes

de mouvement. Mais si l'on considère non plus l'effet, mais la nature de la force, les divergences commencent. Autant de systèmes, autant d'idées différentes, contraires même, comprises toutes sous cette étiquette banale de *force.* Dans le langage ordinaire ces confusions ont peu d'importance ; mais dans le langage scientifique, il n'en est plus de même : si un même mot correspond à des idées différentes, la confusion s'introduit peu à peu dans la science, et du langage elle passe rapidement dans les idées ; la forme vicie le fond. L'histoire du mot *force* et des idées groupées sous ce mot est, sous ce rapport, une des plus instructives. Entre la force à laquelle les spiritualistes donnent le nom de Dieu et « la masse matérielle animée de mouvement » que le mathématicien appelle aussi une force, quelle distance n'y a-t-il pas ?

C'est Leibnitz qui, en créant la *dynamique,* introduisit dans la science l'idée de force; mais, au lieu d'en faire simplement une *cause de mouvement,* il voulut aller au delà des faits et en fit quelque chose de plus. « La force, dit A. Jacques dans son *Introduction aux Œuvres de « Leibnitz,* est donc essentiellement simple et une, identique et inaltérable, spirituelle, immatérielle. Partant elle est impérissable, parce « que cela seul qui est composé peut périr naturellement par la dissolution qui est la seule mort naturelle. La force ne commence donc « que par création et ne peut finir que par annihilation, c'est-à-dire par « miracle. »

Cherchons donc ce qu'il y a au fond de cette idée de force, et pour cela commençons par les forces dites *physico-chimiques.*

Soit, par exemple, l'attraction de deux corps l'un pour l'autre. Dans ce phénomène, dit d'attraction, que trouvons-nous en l'analysant à fond ? Un mouvement et pas autre chose. Mais l'esprit humain ne s'est pas contenté de cette constatation pure et simple; il a voulu l'étudier de plus près et, en analysant ce mouvement, il a trouvé trois choses : 1° un mouvement ; 2° un mobile ou corps mû ; 3° un moteur ou une cause de mouvement. Examinons de plus près ces trois choses :

1° *Un mouvement.* C'est là en réalité la seule chose appréciable et indiscutable; c'est un fait de conscience; nous ne connaissons le monde extérieur et nous-mêmes qu'à l'aide du mouvement, et cette idée de mouvement se réduit en dernière analyse à une succession de sensations, ex. : sensations musculaires, comme quand nous suivons de l'œil un oiseau qui vole; sensations cutanées tactiles, comme quand un corps touche successivement des points différents de la peau, etc.

2° *Un mobile.* S'il y a mouvement, *quelque chose* se meut; ce *quelque chose,* on l'appelle *corps, objet matériel*; mais nous ne sommes déjà plus en présence d'un fait indiscutable comme tout à l'heure ; l'intelligence dépasse ici la limite des faits ; la preuve en est que ce quelque

ignorons *ce* qui l'a précédé et produit, *ce* qui en détermine les conditions, mais pourquoi faire intervenir derrière cette attraction une force attractive dont nous ne pouvons connaître en rien la nature et même l'existence. Si le mot : force attractive, ne signifie que la constatation d'un mouvement, il est inutile et superflu; s'il signifie quelque chose de plus, quelque chose de surajouté au mouvement, il est indémontré et indémontrable.

Cette idée de force n'est, en réalité, qu'une forme d'anthropomorphisme. Nous ne faisons plus du vent un Borée, de la mer Neptune, du soleil Apollon, mais, sans nous en douter peut-être, nous faisons, en adoptant des forces physiques, un raisonnement du même ordre quoique moins grossier et moins enfantin. Nous soulevons une pierre; nous faisons pour cela un certain mouvement; ce mouvement s'accompagne d'une sensation d'effort plus ou moins considérable suivant le poids de la pierre; en outre, ce mouvement est précédé d'un acte intellectuel, il est volontaire; il y a là un fait de conscience au delà duquel d'autres états de conscience, impressions, sensations, jouent bien le rôle de prédécesseurs, voire même de causes déterminantes; mais l'acte volontaire du mouvement reste pour nous la chose essentielle, car il s'accompagne d'un certain effort. Nous nous sentons la cause du mouvement, la *force* qui le produit. De là à l'idée de forces situées au dehors de nous et produisant tous les phénomènes qui nous entourent, il n'y avait qu'un pas et ce pas fut vite franchi.

« L'origine de la notion de force, dit A. Jacques dans son introduction, « c'est la conscience claire, immédiate, directe, que j'ai de moi-même « comme force; l'homme, le *moi*, est avant tout une force, une force « libre, intelligente, éclairée, *vis sui conscia, sui potens, sui motrix;* « il le sait quand il agit, il le savait avant l'action et ne cessera pas de « le savoir quand à l'action aura succédé le repos. Dans cette con- « science immédiate et permanente de la force personnelle, l'esprit « humain puise l'idée de cause et il ne la puise que là; ailleurs, il ne « voit que des phénomènes, des produits, des effets; *les causes et les « forces dans le monde, il les suppose et les y fait à l'image et sur le « modèle de la force qu'il est,* sauf à leur retirer, éclairé par la nature « des effets, la liberté qu'il trouve en lui et l'intelligence qu'il s'attri- « bue, pour ne leur laisser que le caractère de forces aveugles et « fatales. »

En résumé, on voit que l'idée de force a sa source en nous-mêmes et que c'est par un vice de raisonnement et de langage que de la force que nous sentons en nous et sur laquelle nous reviendrons plus tard, nous concluons à des forces naturelles existant dans les corps bruts.

Les forces physico-chimiques ne sont pas autre chose que des modes de mouvement; la corrélation des forces physiques ne consiste pas en autre chose qu'en des transformations de mouvement.

Donc les trois choses que l'esprit humain trouve dans les phénomènes

force vitale? Dans cette hypothèse, on se heurte de tous côtés à l'impossibilité, au vague et à la contradiction.

Si de la force vitale végétative nous passons à la force vitale des animaux, nous rencontrons la même incertitude, et si nous laissons de côté les phénomènes de conscience que nous étudierons plus loin, nous retrouvons les mêmes objections et les mêmes difficultés que tout à l'heure. L'admission d'une force ou de forces vitales n'ajoute rien à nos connaissances; elle ne nous fait pas faire un pas de plus; nous ne faisons ainsi qu'ajouter l'inconnaissable à l'inconnu, l'inexplicable à l'inexpliqué.

Les phénomènes nerveux eux-mêmes ne sont, en réalité, que des phénomènes de mouvement. Lorsque vous pincez la patte d'une grenouille décapitée et que cette patte se contracte, quelle explication vient donner votre force vitale de cette succession de phénomènes?

Nous arrivons aux phénomènes de conscience, à ces forces auxquelles on a donné chez l'homme le nom d'*âme*, forces personnelles, individuelles, considérées en général comme absolument distinctes de la matière.

Ici nous marchons sur un terrain dangereux; l'équivoque règne en maîtresse et il importe pour la clarté de la discussion de bien préciser les termes du problème, ce qui n'est pas chose facile.

Tant qu'il s'agit de l'âme humaine, il n'y a pas la moindre difficulté et l'école spiritualiste présente la plus complète unanimité. L'âme est une substance réelle, immatérielle, immortelle, une intelligence *servie* par des organes, suivant l'expression de de Bonald. Je laisse de côté les questions sur lesquelles les philosophes gardent un silence prudent, telles que l'origine de l'âme, l'époque de son apparition, son siége, son rôle dans les phénomènes d'hérédité, son existence dans certains monstres doubles, etc., etc. Je ne m'occuperai ici que de ses facultés, telles qu'elles sont admises par la généralité des psychologues. Mais une grande partie de ces facultés existent aussi chez l'animal et il n'y a plus aujourd'hui un seul philosophe qui osât soutenir sérieusement l'automatisme des bêtes; il n'y aurait pas même lieu de chercher à le convaincre, car il ne voudrait pas être convaincu; pour qui a observé les animaux sans parti pris, l'animal perçoit, se souvient, compare, hésite, juge, se décide, en un mot il a de commun avec l'homme presque toutes, sinon toutes les opérations de l'esprit. On pourra, si l'on veut, lui refuser la généralisation, l'abstraction, mais qu'importe, s'il a une partie seulement, quelque minime qu'elle soit, des facultés qui, d'après l'école philosophique, sont l'apanage de l'esprit, d'un principe immatériel, d'une âme en un mot. Il ne peut y avoir de degré entre la matière et l'esprit. Ou la mémoire, le jugement, l'attention, sont des

le premier, non, et le phénomène paraît d'un tout autre ordre. Cependant analysons le phénomène de plus près et voyons jusqu'où on peut aller.

Jusqu'à présent il n'y a rien entre l'acte de volonté et le mouvement du bras. L'un semble précéder l'autre immédiatement. C'est ainsi, en effet, que la chose se passera pour un enfant ou un homme ignorant. Il sait qu'il a voulu un mouvement et que ce mouvement s'est produit; voilà tout. Mais qu'il mette par hasard l'autre main sur son bras au moment où ce bras exécute le mouvement, il sentira la chair durcir et se gonfler, et il en conclura que le mouvement du bras s'accompagne d'un changement dans les parties intérieures qui le composent, et s'il interroge une personne plus instruite il apprendra que, dans son bras, il y a des muscles dont la contraction a produit le mouvement du bras. Voilà donc, interposé entre la volonté et le mouvement du bras, un nouvel acte dont il n'avait pas conscience, une contraction musculaire qui comble *partiellement* la lacune existant entre le mouvement du bras et la volonté. Il se passe donc en nous, dans la sphère de la volonté, des mouvements, même très-grossiers, dont nous n'avons pas conscience à moins d'une observation particulière. Mais ce n'est pas tout : le physiologiste intervient, et par des expériences précises il reconnaît qu'un organe spécial, un nerf, se rend à ces muscles, et que ce nerf transmet aux muscles une excitation sans laquelle la contraction musculaire ne se ferait pas, et que cette transmission s'accompagne de certains phénomènes qui indiquent un mouvement moléculaire. Voilà donc encore un mouvement, dont nous n'avions pas conscience, à ajouter à la série des mouvements déjà mentionnés, et la lacune entre l'extension du bras et la volonté se rétrécit de plus en plus. Ce nerf, d'autre part, aboutit à un organe ou centre nerveux composé lui-même de plusieurs organes; mais, pour simplifier, admettons seulement un centre moteur; là se passe encore une modification, un mouvement moléculaire qui détermine la transmission dans le nerf. Nous avons donc, si nous reprenons toute la série, la succession suivante :

1° Projection de la pierre;

2° Mouvement du bras;

3° Contraction musculaire;

4° Transmission nerveuse motrice;

5° Modification du centre nerveux moteur; . . . .

. . . .

6° Volonté.

Si nous examinons quel est, par rapport à la conscience, le degré de *connaissable* de chacun de ces actes, nous avons le résultat suivant :

1° Projection de la pierre, mouvement connu immédiatement par l'observation la plus simple;

2° Mouvement du bras, connu immédiatement par les sensations qui l'accompagnent;

En outre, si ces phénomènes psychiques ne sont pas un mouvement matériel, que devient le mouvement moléculaire dégagé dans le centre nerveux sensitif, et d'où vient le mouvement produit dans le centre nerveux moteur? D'après la loi de corrélation dite des forces physiques, le premier ne peut disparaître qu'en se transformant, et le second, ne pouvant être créé *ex nihilo*, ne peut être qu'une transformation d'un mouvement antérieur. N'y a-t-il donc pas lieu de supposer que ces phénomènes psychiques ne sont qu'un mode de mouvement (mode tout particulier si l'on veut) provenant de la transformation du mouvement moléculaire du centre sensitif et se transformant en mouvement moléculaire du centre moteur? Ce qui donne plus de poids à cette hypothèse, c'est que lorsque ces phénomènes sont portés à un degré très-puissant, exemple : la colère, on sent en soi quelque chose qu'on ne peut comparer qu'à un mouvement; *la colère me monte à la tête*, dit-on quelquefois, et ce langage n'est peut-être pas si *figuré* qu'il en a l'air.

Enfin tous ces actes psychiques supposent des organes nerveux, organes dont l'activité n'est qu'un mode de mouvement. Quel besoin alors de surajouter à ces organes une force distincte et spéciale qui ne peut entrer en action sans eux? La liaison qui existe entre certains organes nerveux et des actes que nous ne reconnaissons comme phénomènes de mouvement que par une analyse très-délicate, ne nous autorise-t-elle pas à croire que la même liaison existe entre la volonté et certains centres nerveux, et qu'il n'y a là qu'un mouvement moléculaire dont nous n'avons pas conscience. Il est évident que la preuve absolue ne sera faite que le jour où la volonté, la mémoire, le jugement, etc., où tous les actes psychiques simples auront été scientifiquement rapportés à un centre nerveux et à un mouvement moléculaire, comme la transmission nerveuse est rapportée à un mouvement moléculaire d'un cordon nerveux; mais jusque-là n'y a-t-il pas au moins une très-forte présomption en faveur de cette hypothèse, et la science ne marche-t-elle pas de plus en plus dans cette voie?

Le reproche essentiel qu'on peut faire à l'hypothèse de la production matérielle de la pensée, c'est que certains faits ne sont pas encore prouvés, que beaucoup sont encore inexpliqués et inexplicables. C'est vrai; mais n'en est-il pas de même de l'hypothèse contraire? Et de plus, dans l'admission d'une force pensante, les difficultés, au lieu d'être résolues, augmentent.

Nous avons vu tout à l'heure que si l'on admet cette force, cette âme pensante chez l'homme, il faut l'admettre aussi chez l'animal. Mais où cela conduit-il? Ces forces, ces âmes animales, concevables à la rigueur pour les animaux les plus rapprochés de l'espèce humaine, que deviennent-elles chez les animaux inférieurs? Où fera-t-on finir l'automatisme et commencer la volonté? A quel degré s'arrêtera-t-on dans la série? Est-ce qu'un mollusque n'a pas des sensations, des mouvements volontaires, des souvenirs, des comparaisons? Que sera l'âme des polypes

dans les limites de ce livre. Qu'il me suffise de dire que, pour ma part, croyant à l'origine matérielle de la pensée, c'est à cet ensemble de qualités morales que je réserverais le nom d'*âme*, exclusivement attribuée alors à l'homme, sans méconnaître cependant les objections sérieuses auxquelles cette solution peut donner lieu, et qui seraient en grande partie les mêmes que celles énoncées précédemment, mais avec moins de force et d'autorité.

En résumé, nous nous trouvons en face de deux grandes doctrines opposées :

1° La doctrine *dualiste* qui admet l'existence simultanée de la matière et de la force, forces personnelles ou impersonnelles ;

2° La doctrine *uniciste*, ou mieux *unitaire*, qui n'admet qu'une seule chose : les uns des forces, les autres la matière ; les deux, en réalité, se réduisent, pour nous, au mouvement.

Entre le dualisme et l'unicisme, le choix ne nous paraît pas douteux en ce qui concerne les phénomènes physiques et vitaux : dans les deux cas, il n'y a que du mouvement. Le doute peut exister pour les phénomènes psychiques, mais ils nous paraissent être aussi réductibles au mouvement chez l'homme comme chez les animaux. Enfin, pour les phénomènes moraux, pour la cause première du mouvement, la science, jusqu'à nouvel ordre, ne peut que rester dans la réserve ; c'est une affaire de croyance : l'existence de l'âme morale, l'existence de Dieu, ne sont susceptibles ni de démonstration ni de réfutation rigoureuse.

Nous arrivons donc à cette conclusion que, dans les sciences physiques et physiologiques, l'admission de forces distinctes est inutile et ne fait qu'embarrasser le langage scientifique. *Tous les phénomènes que l'esprit humain peut comprendre sont des phénomènes de mouvement*, et la force ne peut être admise que pour les phénomènes qui dépassent les bornes de notre intelligence ; phénomènes de *moralité* dans le sens indiqué plus haut et cause première, quelle qu'elle soit, du mouvement ; mais tout ce qui dépasse notre intelligence, âme et Dieu, étant en dehors de la science, ne doit pas nous occuper ici. En restant dans les limites de la science, il n'y a que du mouvement.

Le mouvement, dans ses différentes manifestations, physiques, vitales et (pour nous du moins) psychiques, constitue le champ commun de toutes les sciences ; mais il doit aussi être étudié en lui-même et dans ses caractères essentiels, indépendamment de ses différents modes.

La première question qui se présente est celle du repos et du mouvement. Ce passage du repos au mouvement et du mouvement au repos est une des questions qui ont occupé longtemps les philosophes, et forme encore aujourd'hui une des pierres d'achoppement de la métaphysique moderne.

Voici comment l'expose Herbert Spencer :

« Nous voilà encore en face de la vieille énigme du mouvement et

repos au mouvement et du mouvement au repos n'est autre chose qu'une accélération et un ralentissement du mouvement.

Il resterait maintenant à chercher les lois générales du mouvement. Je ne m'étendrai pas sur ce sujet dont l'étude exigerait des développements mathématiques qui me sont interdits. Je me contenterai de quelques lignes. Ces lois sont au nombre de trois : la transmission, la nécessité et l'égalité du mouvement.

1° *Transmissibilité du mouvement.* Tout mouvement a pour antécédent un mouvement et pour conséquence un mouvement.

2° *Nécessité du mouvement.* Étant données telles conditions, tel mouvement se produit nécessairement dans une direction et avec une intensité déterminées. On pourra donc, si on connaît ces conditions, prévoir ce mouvement et le faire naître si l'on peut reproduire ces conditions.

3° *Égalité du mouvement.* La quantité du mouvement transmis et celle du mouvement communiqué sont égales l'une à l'autre sous quelque forme que ce mouvement se présente. C'est la loi connue sous le nom d'équivalence ou corrélation des forces.

Toutes ces lois se réduisent en somme à une seule loi générale dont elles dérivent, celle de la *persistance du mouvement* (*loi de la conservation de la force d'Helmholtz*).

C'est avec les réserves faites ci-dessus que les mots *force* et *matière* seront employés dans cet ouvrage.

Des corps. — Si la matière est permanente et si, dans le domaine scientifique, il est impossible de lui assigner ni commencement ni fin, il n'en est pas de même des corps qui ne sont que des fragments du grand tout. Les corps ont une évolution, c'est-à-dire une origine ou un commencement, une existence et une fin.

Donc pour connaître un corps, il faudra étudier :

1° Ses caractères, au triple point de vue

De la matière; groupement des atomes, des dynamides et des molécules; c'est ce qui constitue la *chimie* de ce corps;

De la force ou du mouvement; *dynamique;*

De la forme; *morphologie.*

2° Son origine, son apparition et les conditions de cette apparition; sa *genèse*, en un mot.

3° Son évolution, c'est-à-dire les mutations qu'il subit dans le cours de son existence; mutations de la matière, mutations de la force, mutations de la forme.

4° Sa disparition ou sa fin et les conditions de cette disparition.

La molécule organique, surtout dans les composés quaternaires, possède une très-grande complexité. Il n'y a, pour s'en rendre compte, qu'à jeter les yeux sur les formules des albuminoïdes.

Les corps vivants contiennent une très-forte proportion de *colloïdes*, colloïdes que Graham appelait *état dynamique de la matière*, et qui se laissent traverser par l'eau, l'oxygène et les cristalloïdes. Cet état colloïde n'est pas spécial, il est vrai, à la matière organique, puisqu'il se présente dans la silice et le peroxyde de fer, par exemple, mais il faut remarquer que ces deux corps entrent précisément dans la constitution de beaucoup d'organismes vivants.

La substance des corps vivants est *hétérogène*; qu'on prenne l'organisme le plus inférieur ou l'élément le plus petit d'un organisme, on le trouvera toujours constitué par l'assemblage d'eau, de colloïdes et de cristalloïdes, assemblage fait dans certaines proportions et avec un arrangement défini.

Les organismes vivants sont continuellement le siége d'une succession de décompositions et de recompositions (*tourbillon vital de Cuvier*). Ces décompositions et recompositions successives ont pour condition une rénovation incessante des molécules de l'organisme; une partie des molécules décomposées est remplacée par des molécules venant de l'extérieur; la matière brute devient matière vivante et la matière vivante devient matière brute; il y a un perpétuel échange entre l'organique et l'inorganique; c'est là ce qu'on a appelé la *circulation de la matière*. Le mode même par lequel ces molécules nouvelles pénètrent dans l'organisme fournit encore un caractère distinctif; tandis que, dans un cristal, par exemple, les molécules nouvelles ne font que s'appliquer sur la surface du cristal déjà formé, dans les corps vivants elles pénètrent dans l'intimité même de l'organisme, *entre* (et non pas *sur*) les molécules déjà existantes; c'est ce qu'on a exprimé en disant que les corps vivants s'accroissaient par *intussusception*, les corps bruts par *apposition*.

Ici se présente une question. Les quantités relatives de matière brute et de matière vivante sont-elles invariables? Ou bien la quantité de matière vivante augmente-t-elle indéfiniment aux dépens de la matière brute ? Il est évident qu'à partir de la première apparition de la vie sur le globe, la quantité de la matière vivante s'est accrue graduellement; mais cet accroissement s'est-

restreintes dans le cours de son existence. Au début, cette forme-type est toujours ou presque toujours la forme sphérique; puis, peu à peu le type propre à l'organisme se caractérise et se dessine dans le cours de son développement. Cette forme sphérique se retrouve non-seulement au début de la vie d'un organisme, mais aussi dans la plupart des éléments primitifs dont se compose cet organisme.

Évolution des corps vivants. — L'évolution des corps vivants est *déterminée*; ils ont un commencement, une existence, une fin; ils parcourent des phases définies qui se succèdent régulièrement et dans un certain ordre; un cristal, un composé chimique instable, pourraient peut-être, sous ce rapport, être comparés à un organisme vivant; mais ils s'en distinguent par l'absence d'usure et de réparation, par la fixité de leurs molécules pendant la durée de leur évolution.

Les êtres vivants ont une individualité propre; ils constituent des individus indépendants ou des agrégations d'individus dont chaque membre jouit d'une certaine indépendance vis-à-vis du tout; mais ce caractère n'est pas absolu et disparaît presque dans certaines classes d'animaux et de plantes pour faire place à une solidarité intime.

Tous les organismes vivants naissent d'un germe ou d'un parent antérieur doué de vie, et comme corrélatif un de leurs caractères essentiels est l'aptitude à reproduire des êtres plus ou moins semblables au générateur, ou, pour exprimer la même pensée sous une forme plus générale, la possibilité, pour des parties détachées du tout, de vivre d'une existence indépendante. Ce n'est pas ici le lieu de discuter la question si controversée de la génération spontanée; elle trouvera sa place dans un autre chapitre.

Les êtres vivants forment donc une série continue et on peut remonter ainsi d'être en être jusqu'à l'apparition de la vie sur la surface du globe. Une autre conséquence de cette propriété générale de reproduction, c'est que les produits possèdent des caractères (en plus ou moins grand nombre) semblables à ceux de leurs ascendants, soit directs, soit dans la série; c'est là ce qui constitue l'*hérédité*. Ces caractères héréditaires apparaissent, les uns dès la naissance de l'organisme (caractères dits à tort *innés*, *innéité*), les autres pendant le cours de l'évolution de l'organisme (hérédité proprement dite).

1 mètre de côté ; il aura une surface de 6 mètres carrés et une masse de 1 mètre cube; supposons un cube double de hauteur; il aura 24 mètres carrés de surface et 8 mètres cubes de masse; en doublant de hauteur, la masse sera 8 fois plus considérable, la surface quadruple seulement. Au lieu d'un cube prenons un organisme, les conclusions seront les mêmes; quand l'organisme aura une hauteur double, sa masse, sur laquelle porte l'usure et doivent porter les réparations alimentaires sera 8 fois plus considérable; sa surface, par laquelle s'introduisent les matériaux de réparation, ne sera que quadruplée; il viendra donc un moment où ces matériaux ne seront plus introduits en quantité suffisante pour subvenir à la réparation. En d'autres termes, l'usure de l'organisme croît comme le cube et la réparation ne croît que comme le carré. Il y a bien, en outre, une affaire d'*innéité* (entendue dans le sens qui sera expliqué plus tard à propos de l'hérédité) dont il faut tenir compte; chaque être, en effet, suivant l'expression d'Herbert Spencer, commence son évolution biologique avec un *capital* vital différent.

Le développement de l'organisation marche en général de pair avec l'accroissement de la masse. Il y a d'abord une différentiation morphologique qui porte primitivement sur les éléments cellulaires intérieurs et extérieurs; puis peu à peu les tissus, les organes, les appareils, paraissent et se distinguent les uns des autres; en un mot, l'organisation se perfectionne et s'achève.

La *mort* vient enfin terminer nécessairement cette évolution vitale, et livrer l'organisme à l'action pure et simple des milieux extérieurs; mais il faut distinguer la mort de l'organisme en tant qu'individu et la mort des parties et des éléments isolés qui le constituaient. En général, dans les organismes complexes, la mort du tout et la mort des parties ne coïncident pas; sauf dans des cas très-rares (fulguration, par exemple), la mort totale, *somatique*, précède la mort *moléculaire* ou des parties.

Action des milieux. — Le milieu fournit les matériaux de la vie; la matière brute devient matière vivante; il fournit les mouvements indispensables aux manifestations vitales, lumière, chaleur, etc.; il modifie la forme des organismes (influence de la pesanteur sur la végétation).

Le milieu agit sur l'organisme à chaque instant de son évolu-

n'aura qu'à se reporter aux caractères essentiels des êtres vivants, caractères qui ont été donnés plus haut, pour voir par quoi pèchent ces définitions.

ARISTOTE : La vie est l'ensemble des opérations de nutrition, de croissance et de destruction (ζωὴν δὲ λέγω, τὴν..... τροφὴν καὶ αὔξησιν καὶ φθίσιν).

LAMARCK : La vie, dans les parties d'un corps qui la possède, est cet état de choses qui y permet les mouvements organiques, et ces mouvements qui constituent la vie active résultent d'une cause stimulante qui les excite.

BICHAT : La vie est l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort.

RICHERAND : La vie est une collection de phénomènes qui se succèdent pendant un temps limité dans un corps organisé.

LORDAT : La vie est l'alliance temporaire du sens intime et de l'agrégat matériel, alliance cimentée par un ενορμον ou cause de mouvement dont l'essence est inconnue. Cette définition ne s'applique qu'à l'homme.

BÉCLARD : La vie est l'organisation en action.

DUGÈS : La vie est l'activité spéciale des corps organisés.

TREVIRANUS : La vie est l'uniformité constante des phénomènes avec la diversité des influences extérieures.

P. BÉRARD : La vie est la manière d'exister des êtres organisés.

DE BLAINVILLE : La vie est le double mouvement interne de composition et de décomposition, à la fois général et continu.

CH. ROBIN : La vie est la manifestation des propriétés inhérentes et spéciales à la substance organisée seulement. Et ailleurs : On donne le nom d'*organisation* à cet état de dissolution et d'union complexe que présentent les matières demi-solides, quelquefois liquides ou solides, formées de principes immédiats d'ordres divers et provenant d'un être qui a eu ou a une existence séparée. (*Dictionnaire de médecine.*)

LITTRÉ : La vie est l'état d'activité de la substance organisée. (*Dictionnaire.*)

H. LEWES : La vie est une série de changements définis et successifs, à la fois de structure et de composition, qui se présentent chez un individu sans détruire son identité.

HERBERT SPENCER : La vie est la combinaison définie de changements hétérogènes, à la fois simultanés et successifs, en corrélation avec les coexistences et les successions extérieures (*in correspondence with external co-existences and sequences*), ou plus brièvement : la vie est l'adaptation continuelle des relations internes aux relations externes.

KUSS : La vie est tout ce que ne peuvent expliquer ni la physique ni la chimie.

CARACTÈRES DISTINCTIFS DES VÉGÉTAUX ET DES ANIMAUX.

La vie se manifeste sous deux formes principales: la plante, l'animal. Cependant la limite entre les deux formes n'est pas si tranchée qu'on le croyait généralement, et lorsqu'on descend aux degrés inférieurs de la série, on rencontre des êtres dont les manifestations vitales laissent l'esprit dans l'indécision et rappellent aussi bien la plante que l'animal. Aussi beaucoup de naturalistes ont-ils admis un règne, non pas intermédiaire, mais inférieur, sorte de souche commune d'où, par une bifurcation, seraient nés les deux embranchements (*protozoaires*, *protistes* d'Hæckel). Mais, ces réserves faites, des différences notables n'en existent pas moins entre le règne végétal et le règne animal; c'est ce que fait ressortir facilement une comparaison rapide des deux règnes.

La plante possède les mêmes éléments chimiques fondamentaux que l'animal: oxygène, hydrogène, carbone, azote; seulement le carbone y domine. Elle est plus riche en substances non azotées (hydrocarbonés, amidon, cellulose). La proportion des sels minéraux varie aussi dans les deux règnes; les alcalis sont en plus grande proportion dans les plantes, les phosphates chez l'animal. Mais ce qui caractérise chimiquement la plante, c'est la présence d'une matière colorante, la *chlorophylle*, principe qui joue un rôle essentiel dans la vie de la plante; il n'y a pourtant pas là un caractère absolu; car toute une classe de plantes, les champignons, est dépourvue de chlorophylle, et on en trouve chez certains animaux, tels sont l'hydre verte et l'*euglena viridis*.

La plante a plus de stabilité chimique que l'animal, et les mutations matérielles y sont moins actives. Ces mutations sont de deux ordres: assimilation d'une part, désassimilation de l'autre.

Par l'*assimilation*, l'organisme emploie et utilise pour sa propre substance les matériaux qui lui viennent du dehors. Pour la plante, ces matériaux qu'elle emprunte à l'air et au sol sont l'eau, l'acide carbonique et l'ammoniaque; c'est avec ces matériaux qu'elle forme l'amidon, la graisse et l'albumine de ses tissus; cette assimilation ne se fait que dans les parties vertes, à chlorophylle et sous l'influence de la lumière, et l'effet ultime est une réduction et une élimination d'oxygène. C'est ce processus qui a été appelé improprement *respiration végétale*. Chez l'ani-

par une véritable *circulation matérielle.* C'est cette action combinée de la plante et de l'animal qui maintient la constance de la quantité d'acide carbonique de l'air. La vie végétale et la vie animale sont fonctions l'une de l'autre.

La proportion relative de matière végétale et de matière animale reste-t-elle constante ? A l'origine, il n'en a pas été ainsi; à l'époque où l'atmosphère terrestre était surchargée d'acide carbonique, la vie végétale était seule possible; puis, quand la vie animale a fait son apparition, les deux quantités ont, la première décru, la deuxième augmenté, jusqu'à un moment où les deux quantités sont probablement devenues stationnaires, de façon à amener l'équilibre qui existe aujourd'hui, équilibre qui, du reste, peut être troublé à chaque instant et dont il est difficile d'affirmer le maintien.

Le dégagement de forces vives est beaucoup moins intense dans la plante que dans l'animal et ne se laisse constater chez la première qu'à certaines phases de son existence (chaleur dans la germination et dans la floraison) et dans certains cas spéciaux (mouvements de la sensitive, par exemple). Les plantes transforment plutôt des forces vives (chaleur et lumière solaire) en forces de tension, les animaux des forces de tension en forces vives.

L'organisation végétale est moins compliquée, la division du travail physiologique y est poussée moins loin que chez l'animal; cependant, là encore il n'y a qu'une différence de degré, et l'organisation des animaux inférieurs ne dépasse guère celle de certaines plantes. La symétrie sphérique ou bilatérale existe aussi bien chez la plante que chez l'animal; mais la forme générale de l'organisme emprunte chez la première aux conditions habituelles de son existence un caractère particulier. La plante est ordinairement fixée au sol et cette fixation lui imprime une forme qui se retrouve jusqu'à un certain point chez les animaux qui se trouvent dans les mêmes conditions (polypiers).

Chez l'animal, un facteur, sinon nouveau, du moins essentiel, le mouvement locomoteur apparaît, et ce mouvement détermine la distinction de l'organisme en partie antérieure et partie postérieure (avant et arrière), partie dorsale et partie ventrale, et donne à chacune de ces parties un caractère morphologique spécial en rapport avec leur mode de fonctionnement.

D'une manière générale, l'évolution de la plante est moins

Mais, comme on l'a vu déjà, aucun de ces caractères n'est absolu; ni l'absence de chlorophylle, ni le mouvement, ni la sensibilité, ni la digestion, ni la respiration, ne fournissent de caractère tranché, et il n'y a pas, à vrai dire, de criterium réel de l'animalité.

Résultats de la comparaison de la plante et de l'animal. — La plante trouve les matériaux de son accroissement dans l'air et dans le sol, c'est-à-dire à peu près partout; il n'y a donc pas pour elle nécessité de déplacement. L'animal ne les trouve pas partout; il doit donc se déplacer, c'est-à-dire se mouvoir, et ce mouvement, qui n'est qu'un dégagement de forces vives, est lié à une oxydation; cette oxydation ne peut se faire que par l'usure de la substance même de l'organisme animal, et cette usure amène à chaque instant la nécessité d'une réparation organique et le besoin de rechercher des aliments appropriés; l'animal sent ses besoins et cherche à les satisfaire, et il exécute en vue de leur satisfaction des mouvements combinés et volontaires; il sent, il sait et il veut. Le nombre des actes vitaux de l'animal sera donc beaucoup plus considérable que celui des actes vitaux de la plante.

A chacune des actions vitales de l'animal correspond une fonction : locomotion, digestion, respiration, etc. Chez les animaux supérieurs, chaque fonction a pour instruments des organes ou des appareils déterminés; mais chez les êtres inférieurs, il n'en est plus de même; c'est la même substance qui se contracte, sent, digère, excrète, se reproduit; puis, à mesure qu'on s'élève dans la série animale, la spécialisation se fait et la masse vivante se segmente et se différencie en parties afférentes à chaque fonction; c'est la division du travail en physiologie, suivant l'expression de Milne-Edwards.

Cette division du travail physiologique a les mêmes avantages que dans l'industrie; en se localisant et se spécialisant, la fonction se précise et se perfectionne; mais en même temps chaque organe, chaque partie de l'organisme devient indispensable à la vie du tout qui périt quand cette partie se trouve profondément atteinte.

Mais, même chez les animaux supérieurs, tous les actes vitaux ne se localisent pas dans des organes et dans des appareils déterminés; à côté des fonctions spéciales, comme la digestion, la circulation, l'innervation, il en est d'autres, plus générales, qui ont

gène et les matériaux nutritifs des surfaces d'introduction aux organes profonds et portent les matériaux de déchet de ces organes profonds aux surfaces d'élimination ;

4° Un organe reproducteur, mâle ou femelle (3);

5° Une masse de remplissage et de soutien, substance connective (7).

Cette spécialisation d'organes et de fonctions peut se suivre non-seulement dans la série animale, mais aussi dans l'évolution

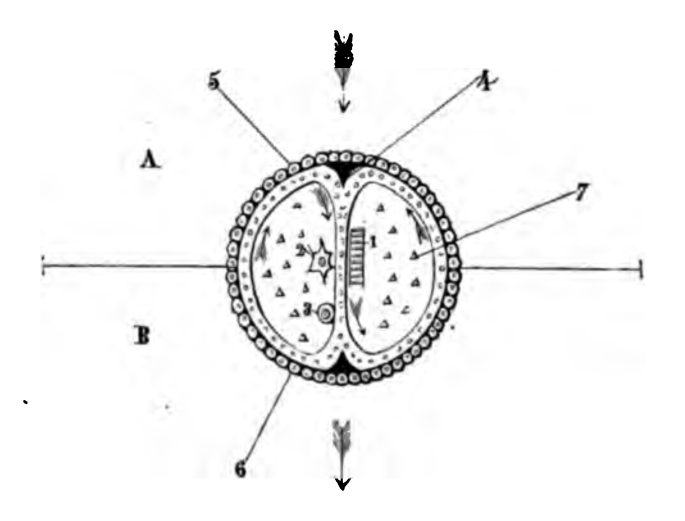


Fig. 1. — Schéma de l'organisme. (Voir page 31.)

même d'un organisme. Qu'on prenne, par exemple, l'homme tout à fait à sa naissance ; on le verra d'abord constitué par une seule cellule, un ovule ; il représente à cette première phase de son existence un animal unicellulaire ; puis cette cellule se segmente et se multiplie en plusieurs cellules ; il devient agrégat pluricellulaire ; toutes les cellules qui composent l'embryon à cette période sont identiques, et l'œuf segmenté ressemble à un rhizo-

---

Fig. 1. — A, surface d'introduction. — B, surface d'élimination. — 1, éléments musculaires. 2, éléments nerveux. — 3, élément reproducteur. — 4, globules sanguins et sang. — 5, éléments épithéliaux d'absorption. — 6, éléments épithéliaux d'élimination. — 7, éléments connectifs. — La direction des flèches indique la direction du courant nutritif et du courant sanguin.

Caractères communs. — Non-seulement l'organisation des singes anthropomorphes est construite sur le plan général de l'organisation humaine, mais les ressemblances se continuent jusque dans les plus petits détails; aussi pour ne pas tomber dans une énumération inutile, je me contenterai de rappeler, *parmi les caractères communs, ceux seulement dont sont dépourvus les singes inférieurs.*

La colonne vertébrale du gorille et du chimpanzé possède le même nombre de vertèbres que celle de l'homme; on a admis, il est vrai, chez le gorille, treize vertèbres dorsales; mais, en réalité, la vertèbre comptée comme treizième dorsale est simplement la première lombaire dont l'apophyse costiforme s'est détachée de façon à former une côte surnuméraire, anomalie qui n'est pas très-rare chez l'homme. Le bassin, quoique plus étroit et plus allongé, a la forme générale du bassin humain, tandis que chez les autres singes, il se rapproche du bassin des quadrupèdes. La torsion de l'humérus est, comme chez l'homme, de 180 degrés, et l'olécrane est aplati d'avant en arrière, au lieu de l'être transversalement, comme chez tous les autres mammifères (Martins). La ressemblance se retrouve encore dans le squelette de la main et du pied, malgré le nom si mal justifié de *quadrumanes* donné aux singes par Buffon et Cuvier, et Huxley a prouvé, d'une façon irréfutable, qu'en réalité les singes sont, comme nous, bipèdes et bimanes.

Le cerveau de l'homme et des anthropomorphes présente les quatre caractères suivants qui n'existent que chez eux et font défaut chez tous les autres mammifères : 1° lobe olfactif rudimentaire; 2° lobe postérieur recouvrant complétement le cervelet; 3° existence d'une scissure de Sylvius bien dessinée; 4° présence d'une corne postérieure dans le ventricule latéral.

Le système musculaire, sauf une ou deux exceptions qui seront mentionnées plus loin, offre la même disposition dans les deux groupes, et ce qu'il y a de significatif, c'est qu'un muscle, le muscle acromio-basilaire, qui existe chez la plupart des singes non anthropomorphes, manque chez le gorille comme chez l'homme.

Les callosités des fesses manquent chez les anthropomorphes; les ongles ont la forme de l'ongle humain; les organes des sens ont la même structure.

Il en est de même des organes contenus dans les deux cavités



Fig. 2. — Squelette de l'homme et des singes anthropomorphes d'après Huxley.

splanchniques; l'appendice vermiculaire, qui manque chez les autres singes, existe chez les anthropomorphes; le foie, nouveau trait de séparation, est construit sur le type humain, les poumons aussi, et le lobe azygos impair, qui existe chez les singes inférieurs, manque chez eux comme chez l'homme.

La station est bipède (*fig.* 2) et l'attitude du corps, légèrement oblique, se rapproche plus de la verticale que de l'horizontale, tandis que chez les autres singes l'attitude est franchement horizontale; les anthropomorphes sont des bipèdes imparfaits, mais ce sont des bipèdes. Dans la marche ils ne se servent de leurs membres antérieurs qu'accessoirement et pour se soutenir; ils n'appuient jamais sur la paume de la main, mais toujours sur la face dorsale des doigts légèrement fléchis, seul exemple dans les vertébrés; la face palmaire de la main, comme le dit Broca, ne devient jamais plantaire. Les mouvements des membres supérieurs sont analogues aux mouvements des bras de l'homme, et l'excursion de la supination, qui, chez les autres singes, n'est que d'un angle droit, est chez eux de 180 degrés.

La ressemblance des singes anthropomorphes avec l'homme est surtout marquée dans le jeune âge; un fœtus de singe ressemble à s'y méprendre, sauf la taille, à un fœtus humain. Après la naissance, non-seulement les jeunes chimpanzés et les jeunes orangs sont plus doux, plus caressants, plus intelligents, mais encore leur squelette, et en particulier leur crâne présente les caractères du crâne humain; puis peu à peu, avec la puberté, les caractères bestiaux, tant physiques que psychiques, se dessinent de plus en plus et finissent par prédominer. La même remarque a été faite pour les diverses races humaines : le négrillon, par exemple, est vif, intelligent, et apprend aussi facilement qu'un enfant européen; mais, à la puberté, il se fait un changement notable, de sorte que la différence entre un nègre et un blanc adultes est bien plus grande qu'entre deux enfants de ces deux races.

Caractères distinctifs. — La capacité du crâne est plus faible chez les singes anthropomorphes que chez l'homme : le plus faible chiffre observé chez l'homme par Morton a été de 970 centimètres cubes; le plus grand chiffre trouvé chez le gorille est de 539 centimètres cubes; il y a donc entre les deux une différence de 431 centimètres cubes; mais cette différence perd de son importance si on considère qu'on a trouvé des crânes

chez les anthropomorphes, sauf dans le jeune âge où il peut atteindre 60 degrés; dans le chrysothrix il monte à 65 ou 66 degrés. L'angle alvéolo-condylien (¹), très-voisin de 0 degré chez l'homme, est de plus de 19 degrés en moyenne chez le gorille. Quant à l'angle de Daubenton (²), il est trop variable pour fournir un caractère distinctif. (Broca.)

On a voulu faire de l'absence de l'os intermaxillaire une caractéristique de l'homme; mais il est bien prouvé aujourd'hui, par les recherches de Goethe et de Vicq-d'Azyr, confirmées par les observations modernes, que cet os intermaxillaire existe aussi chez lui; seulement sa soudure est plus précoce.

L'ordre de soudure des sutures crâniennes présente aussi quelques différences : chez l'homme, les sutures de la base du crâne se ferment avant les sutures de la voûte, spécialement la suture frontale; ce serait le contraire chez les singes anthropomorphes; la suture frontale se fermerait très-vite, arrêtant ainsi le développement du cerveau, et les sutures de la base, restant plus longtemps ouvertes, permettraient le développement prédominant de la face.

La dentition offre aussi quelques faits à signaler. Les canines sont saillantes, en forme de défenses, et se placent dans un intervalle (*barre* ou *diastème*) de l'arcade dentaire opposée. L'éruption des dents persistantes ne se ferait pas non plus dans le même ordre que chez l'homme; chez le gorille, les canines paraissent après la deuxième et la troisième molaire, tandis que chez l'homme elles paraissent avant; mais ce caractère est loin d'être constant.

Les circonvolutions cérébrales sont moins développées chez les anthropomorphes. D'après Bischoff, la disposition des plis encéphaliques ne serait pas la même chez l'orang et chez l'homme, et pour retrouver l'analogie il faudrait comparer le cerveau de l'orang au cerveau d'un fœtus humain de la seconde moitié du huitième mois. En outre, le *bec de l'encéphale*, saillie du lobe antérieur qui correspond à la fossette olfactive, existerait chez les anthropomorphes et ferait défaut chez l'homme. Le cer-

---

(¹) L'angle alvéolo-condylien est compris entre le plan alvéolo-condylien et le plan déterminé par les deux axes orbitaires.

(²) L'angle de Daubenton ou angle occipital est constitué par deux plans : 1° le plan du trou occipital; 2° un plan qui passe par le bord postérieur du tour occipital et le bord inférieur de l'orbite.

veau des microcéphales, qui présente aussi ce bec de l'encéphale, ressemble beaucoup au cerveau des singes. En résumé, ces caractères distinctifs se réduisent à très-peu de chose et ne justifient pas la dénomination d'archencéphales admise par Owen pour le premier groupe des primates et la séparation de ce groupe d'avec les autres mammifères dans sa classification [1].

La main ressemble à la main humaine; le pouce est seulement plus petit, surtout chez l'orang où il présente cette singularité d'être dépourvu d'ongle; le [illegible] de l'orang possède aussi un os surnuméraire, mais la m[illegible]u gorille est tout à fait l'analogue de la main de l'homme [illegible]'en rapproche beaucoup plus que de celle de l'orang. Les p[illegible] flexion de la paume ont une disposition trop variable po[illegible]'on puisse en tirer quelques conclusions.

Même ressemblance pour l[illegible]ed, avec cette seule différence que l'articulation du gros ort[illegible]st plus lâche et que le premier métatarsien, au lieu de s'artic[illegible] avec la face antérieure du premier cunéiforme comme che[illegible]omme, s'articule avec la partie interne de cet os, ce qui permet un certain degré d'écartement, mais non un véritable mouvement d'opposition du gros orteil.

Pour le système musculaire, il y a à signaler chez tous les anthropomorphes un muscle qui fait défaut chez l'homme, sauf dans les cas d'anomalie : c'est un faisceau qui part du tendon du grand dorsal et se rend à l'épitrochlée. En outre, le muscle fléchisseur propre du pouce est atrophié chez le gorille et le chimpanzé, et manque tout à fait chez l'orang et le gibbon. Le long fléchisseur du gros orteil manque aussi chez l'orang, mais il existe chez le gorille et le chimpanzé.

Le gorille, le chimpanzé et l'orang possèdent des sacs laryngiens qui renforcent la voix; mais ce qui atténue la valeur de ce caractère, c'est qu'ils s'implantent sur les ventricules de Morgagni dont ils sont des diverticules et qui existent aussi chez l'homme; c'est qu'ils ne se produisent qu'après la naissance, sous l'influence des efforts vocaux, et qu'enfin ils manquent chez le gibbon.

[1] Owen partage les mammifères en quatre classes : 1° les *archencéphales*, qui comprennent le seul genre homme; 2° les *gyrencéphales*, dont le cerveau est recouvert de circonvolutions; 3° les *lissencéphales*, dont le cerveau est lisse; 4° les *lyencéphales*, dont les deux hémisphères ne sont pas réunis par un corps calleux.

Les organes génitaux offrent quelques différences plus marquées. L'os de la verge existe chez tous les anthropomorphes. Le pénis de l'orang s'éloigne le moins du type humain; le gland est bien cylindrique, il est vrai, au lieu d'être conique, mais il est entouré à sa base d'un petit prépuce pourvu d'un frein (Duvernoy). Le clitoris est plus volumineux que dans l'espèce humaine.

Enfin, pour terminer, les proportions des membres supérieurs et inférieurs sont différentes. Voici, d'après Huxley, les longueurs relatives du bras, de la jambe, de la main et du pied, eu égard à la longueur de la colonne vertébrale supposée égale à 100 (comparez à ce sujet la figure 2) :

	Européen.	Boschisman.	Gorille.	Chimpanzé.	Orang.
	—	—	—	—	—
Colonne vertébrale. .	100	100	100	100	100
Bras.	80	78	115	96	122
Jambe.	117	110	96	90	89
Main.	26	26	36	43	48
Pied.	35	32	41	39	52

Quels sont donc, en résumé, ces caractères distinctifs? Capacité crânienne plus faible; recul du trou occipital; angle facial plus petit; précocité de la suture frontale et retard des sutures de la base; développement des canines; brièveté du pouce; articulation plus lâche du gros orteil; bec de l'encéphale; un muscle de plus et un muscle atrophié; sacs laryngiens; os de la verge; volume du clitoris; différence de proportion des membres. Mais dans tous ces caractères, y en a-t-il un seul qui ait effectivement une importance capitale? Pour résoudre la question, il suffira de mettre en regard les caractères, bien autrement importants, qui distinguent les singes inférieurs des singes anthropomorphes. Crâne plus éloigné du crâne des singes anthropomorphes que celui-ci ne l'est du crâne humain (sauf pour le chrysothrix); formule dentaire différente; 24 dents de lait au lieu de 20; 36 dents permanentes au lieu de 32; squelette constitué pour la station horizontale et la marche quadrupède; main appuyant par sa face palmaire dans la marche; absence des quatre caractères cérébraux indiqués plus haut; absence d'appendice vermiculaire; foie et poumon construits sur un tout autre type; présence du lobe pulmonaire azygos.

observées ou à en produire de nouvelles, le physiologiste cherche à déterminer dans quelles conditions, sous quelles influences se produit tel ou tel acte vital, et pour cela il reproduit les conditions, il fait agir les influences qu'il suppose pouvoir déterminer cet acte ou en faire varier le caractère; en un mot, il *expérimente*. C'est à l'expérimentation que la physiologie est redevable des progrès immenses qu'elle a faits dans ces dernières années, et quels que soient les reproches faits à certaines méthodes d'expérimentation et en particulier aux vivisections, il y a là une nécessité qui s'impose aujourd'hui, comme le massacre des animaux de boucherie est un résultat nécessaire de l'alimentation humaine. Les vivisections sont aussi indispensables aux progrès de la physiologie que les autopsies aux progrès de la médecine. On peut proscrire et attaquer l'abus, mais on doit en permettre l'usage, sinon toute recherche scientifique deviendrait impossible.

Bibliographie. — Huxley : *La place de l'homme dans la nature;* traduit par Dally, 1868. — Broca : *L'ordre des primates* (Bulletins de la Société d'anthropologie, 1869.) — Cl. Bernard : *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1865.

De ces éléments, les plus importants sont l'hydrogène, le carbone, l'azote, l'oxygène, le soufre, le phosphore, le chlore, le sodium, le potassium, le calcium et le fer. Les proportions relatives de ces divers principes dans le corps humain n'ont pas encore été déterminées exactement; il n'existe pas d'analyse quantitative d'un organisme animal comme il en a été fait pour les plantes.

2. — CORPS COMPOSÉS.

1° CORPS COMPOSÉS INORGANIQUES.

a. — Eau.

L'eau forme environ les deux tiers du poids du corps; un homme du poids de 75 kilos contient 52 kilogrammes d'eau. Sa quantité varie, du reste, suivant les organes. Le tableau suivant, emprunté en partie à Gorup-Besanez, donne la quantité d'eau (pour 1,000) contenue dans les principaux organes et liquides du corps humain :

Organes.	Eau.	Parties solides.	Liquides.	Eau.	Parties solides.
—	—	—	—	—	—
Émail	2	998	Sang.	791	209
Ivoire	100	900	Bile	864	136
Os	220	780	Lait	891	109
Graisse	299	701	Plasma sanguin. . .	901	99
Tissu élastique . . .	496	504	Chyle.	928	72
Cartilages	550	450	Lymphe.	958	42
Foie.	693	317	Sérosité.	959	41
Moelle.	697	303	Suc gastrique . . .	973	27
Peau	720	280	Suc intestinal . . .	975	25
Cerveau	750	250	Larmes.	982	18
Muscles	757	243	Humeur aqueuse . .	986	14
Rate	758	242	Liquide cérébro-spinal.	988	12
Thymus	770	230	Salive	995	5
Tissu connectif . . .	796	204	Sueur.	995	5
Reins	827	173			
Corps vitré.	987	13			

Phosphate de magnésium	$PhMg^3O^4$ / $PhMg^2HO^4$	Tous les tissus et liquides (traces), surtout muscles et thymus.
Sulfate de sodium	SO^4Na^2	La plupart des tissus et des liquides (sauf le lait, la bile et le suc gastrique).
Sulfate de potassium	SO^4K	La plupart des tissus et des liquides (sauf le lait, la bile et le suc gastrique).
Hyposulfite de sodium	S^2O^3Na	Urine (chats et chiens; Schmiedeberg).
Hyposulfite de potassium	S^2O^3K	Urine (chats et chiens; Schmiedeberg).

Le plus important de ces sels est le chlorure de sodium. Le corps humain en contient environ 200 grammes. Le tableau suivant donne, d'après Lehmann, la quantité p. 100 de chlorure de sodium dans les principaux liquides de l'organisme :

Sang	0,421 °/o	Urine	0,332 °/o
Lymphe	0,412	Salive	0,153
Chyle	0,531	Suc gastrique (chien)	0,126
Bile	0,364	Lait (femme)	0,087

2° COMPOSÉS ORGANIQUES.

a. — Composés organiques non azotés.

I. — ACIDES ORGANIQUES.

A. carbonique	CO^2	Sang et la plupart des liquides (absorbé à l'état de gaz); os et dents.
— formique	CH^2O^2	Rate; muscles; pancréas; thymus; sueur; sang; urine.
— acétique	$C^2H^4O^2$	Rate; muscles.
— propionique	$C^3H^6O^2$	Sueur; bile.
— butyrique	$C^4H^8O^2$	Rate; muscles; sueur; urine; sang; contenu de l'estomac et des intestins; excréments.
— caproïque	$C^6H^{12}O^2$	Sueur.
— caprylique	$C^8H^{16}O^2$	Sueur.
— caprique	$C^{10}H^{20}O^2$	Sueur.
— palmitique	$C^{16}H^{32}O^2$	Graisse; sérum du sang.

IV. — ALCOOLS ET AUTRES CORPS.

Alcool.	C^2H^6O. . .	Urine (Béchamp).
Glycérine	$C^3H^8O^3$ . .	Graisses.
Phénol.	C^6H^6O . .	Urine (Hoppe-Seyler).
Cholestérine . . .	$C^{26}H^{44}O+H^2O$	Substance nerveuse; sang; presque tous les liquides.
Excrétine	$C^{20}H^{36}O$(?). .	Excréments.
Dyslisine	$C^{24}H^{36}O^3$ . .	Excréments.

b. — Composés organiques azotés.

I. — ACIDES.

A. oxalurique. . .	$C^3H^4Az^2O^4$. .	Urine (Schunk et Neubauer).
— urique	$C^5H^4Az^4O^3$. .	Foie; rate; poumons; pancréas; cerveau; sang; urine.
— hippurique. . .	$C^9H^9AzO^3$ . .	Urine des herbivores.
— inosique . . .	$C^{10}H^{14}Az^4O^{11}$.	Suc musculaire.
— cryptophanique.	$C^{10}H^{18}Az^2O^{10}$.	Urine.
— glycocholique. .	$C^{26}H^{43}AzO^6$.	Bile; urine (traces; Dragendorff).
— taurocholique. .	$C^{26}H^{45}AzSO^7$.	Bile; urine (traces; Dragendorff).
— sulfocyanhydrique	CAzHS . .	Salive parotidienne.

II. — BASES, AMIDES ET CORPS NEUTRES.

Urée	CH^4Az^2O . .	Urine; sang; transsudats; lymphe; foie; sueur.
Créatinine. . . .	$C^4H^7Az^3O$ . .	Urine.
Sarcine.	$C^5H^4Az^4O$ . .	Muscles; rate; foie; capsules surrénales.
Guanine.	$C^5H^5Az^5O$ . .	Pancréas; foie.
Créatine.	$C^4H^9Az^3O^2$. .	Muscles; substance nerveuse; sang; transsudats.
Xanthine	$C^5H^4Az^4O^2$. .	Urine; foie; rate; pancréas; thymus; cerveau; muscles.
Leucine.	$C^6H^{13}AzO^2$. .	Pancréas; rate; thymus; thyroïde; glandes salivaires; foie; reins; capsules surrénales; substance nerveuse; glandes lymphatiques.

IV. — MATIÈRES COLORANTES.

Hématine	$C^{96}H^{102}Az^{12}Fe^{3}O^{18}$ (?)	Sang.
Bilirubine	$C^{16}H^{18}Az^{2}O^{3}$. .	Bile.
Biliverdine.	$C^{16}H^{20}Az^{2}O^{5}$. .	Bile.
Urobiline	$C^{32}H^{40}Az^{4}O^{7}$. .	Urine; excréments.
Indican	$C^{26}H^{31}AzO^{17}$. .	Urine; sueur.
Lutéine	(?)	Vitellus; corps jaunes; matière colorante jaune de la graisse et du sérum (?).
Mélarine	(?)	Pigment.

V. — SUBSTANCES ALBUMINOÏDES.

Albumine du sérum . . .	Sang; lymphe; chyle; sérosité; suc musculaire; colostrum.
Albumine de l'œuf.	
Vitelline.	Vitellus; cristallin.
Myosine.	Suc musculaire; protoplasma.
Fibrinogène	Plasma sanguin et lymphatique; sérosités.
Paraglobuline.	Sérum; plasma; globules sanguins; lymphe; chyle; sérosité (quelquefois); cristallin.
Fibrine	Sang; lymphe; chyle.
Caséine.	Lait: jaune de l'œuf; sérum; chyle; suc musculaire.
Syntonine	Tissu musculaire.
Substance amyloïde . . .	Cerveau; moelle.
Peptones	Contenu de l'estomac et de l'intestin; produit de la digestion des albuminoïdes.
Hémoglobine.	Globules rouges; muscles (?).
Mucine	Certaines sécrétions.
Kératine.	Epithélium; épiderme; ongles; cheveux.
Collagène et glutine . . .	Os; tissu connectif.
Chondrigène et chondrine.	Cartilages.

Les matières albuminoïdes se répartissent ainsi dans les différents liquides et tissus de l'organisme (Gorup-Besanez) :

Liquides.	Pour 1,000 parties.	Tissus.	Pour 1,000 parties.
—	—	—	—
Liquide cérébro-spinal.	0,9	Moelle.	74,9
Humeur aqueuse . . .	1,4	Cerveau	86,3

R. de Strassburg. — Tremper un morceau de papier à filtrer dans le liquide (urine, par ex.) mélangé d'abord de sucre de canne; le laisser sécher; faire tomber dessus une goutte d'acide sulfurique concentré pur qu'on laisse couler; après $^1/_4$ de minute, à la lumière transmise, on a une belle coloration violette.

Les sels alcalins des acides biliaires, tels qu'on les trouve dans la bile, dissolvent la cholestérine; ils détruisent les globules sanguins et ont la propriété de dissoudre et d'émulsionner les graisses.

Acide butyrique. — $C_4H_8O_2$. Liquide incolore, d'odeur vinaigrée (de beurre rance, quand il est impur); soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther; volatil à 160°. Il précipite de ses solutions concentrées par le chlorure de calcium en gouttes huileuses. Chauffé avec de l'alcool et de l'acide sulfurique, il donne du butyrate d'éthyle (odeur de fraise).

Acide caprique. — $C_{10}H_{20}O_2$. Solide, d'odeur de sueur; fusible à + 70°; un peu soluble dans l'eau; miscible à l'alcool et à l'éther en toutes proportions; le caprate de baryte est à peu près insoluble dans l'eau froide.

Acide caproïque. — $C_6H_{12}O_2$. Liquide incolore, huileux, d'odeur de sueur; volatil à 202°; presque insoluble dans l'eau; miscible à l'alcool et à l'éther en toutes proportions; le caproate de baryte se dissout dans 12 parties d'eau froide.

Acide caprylique. — $C_8H_{16}O_2$. Liquide onctueux, d'odeur de sueur; cristallise à + 12°; insoluble dans l'eau; miscible à l'alcool et à l'éther en toutes proportions; le caprylate de baryte est soluble dans 125 parties d'eau froide.

Acide carbolique. — Voir : *Phénol.*

Acide cérébrique. — Voir : *Cérébrine.*

Acide cholalique. — $C_{24}H_{40}O_5$. Amorphe ou cristallise en prismes quadrangulaires (solution éthérée) ou en octaèdres ou tétraèdres (solution alcoolique). Chauffé à 190° à 200°, il se décompose en dyslysine et en eau : $C_{24}H_{40}O_5 = C_{24}H_{36}O_3 + 2H_2O$.

Acide choléique. — Voir : *Acide taurocholique.*

Acide cholique. — Voir : *Acide glycocholique.*

Acide choloïdique. — $C_{24}H_{38}O_4$. Serait un mélange d'acide cholalique, de dyslysine et d'acides biliaires. (Hoppe-Seyler.)

Acide cryptophanique. — $C_{10}H_{18}Az_2O_{10}$. Acide faible, transparent, peu coloré, auquel Tudichum attribue l'acidité des urines.

Acide damalurique. — $C_7H_{12}O_2$. Liquide huileux, plus dense que l'eau; insoluble dans ce liquide. (Stædeler.)

Acide excrétoléique. — Substance granuleuse, de couleur olive, d'odeur de fécule; fond de 25° à 26°; insoluble dans l'eau; soluble dans l'alcool chaud et l'éther; se dépose quand on abandonne au-dessous de 0° une solution alcoolique d'excrétine.

Acide formique. — CH_2O_2. Liquide incolore, d'odeur forte et

soluble dans l'eau et l'alcool, surtout chaud; à peu près insoluble dans l'éther. Par l'action des acides, il se dédouble en acide benzoïque et glycocolle : $C^9H^9AzO^3 + H^2O = C^7H^6O^2 + C^2H^5AzO^2$. On l'obtient par synthèse avec le chlorure de benzoïle et la glycocolle zincique : $C^7H^5ClO + C^2H^4ZnAzO^2 = C^9H^9AzO^3 + ZnCl$. (Dessaignes.)

Réactif de Lücke. — Évaporer la substance à examiner avec un excès d'acide nitrique et chauffer le résidu ; il se dégage une odeur d'amandes amères ; cette réaction lui est commune avec l'acide benzoïque.

Acide inosique. — $C^{10}H^{14}Az^4O^{11}$ (?). Liquide sirupeux, acide, d'odeur de bouillon ; soluble dans l'eau ; solidifié par l'alcool. Ses sels sont cristallisables, solubles dans l'eau (sauf les sels métalliques), insolubles dans l'alcool et l'éther.

Acide lactique. — $C^3H^6O^3$. Liquide sirupeux, incolore, inodore, de saveur fortement acide; soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Chauffé avec du carbonate de chaux ou de zinc, il donne des lactates de chaux et de zinc reconnaissables à leurs cristaux: cristaux prismatiques à 4 pans, avec facettes sur les angles (zinc); sphérules composées d'aiguilles très-fines (chaux).

Acide margarique. — Mélange d'acide palmitique et d'acide stéarique.

Acide oléique. — $C^{18}H^{34}O^2$. Liquide huileux, jaunâtre, inodore, insipide, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther et le chloroforme ; fond à + 14° ; à + 4° se prend en masse cristalline. L'oléate de plomb est soluble dans l'éther (caractère distinctif des oléates et des stéarates).

Acide oxalique. — $C^2H^2O^4$. Cristaux blancs, de saveur aigre, solubles dans l'eau. Décomposé par l'acide sulfurique en acide carbonique et en oxyde de carbone : $C^2H^2O^4 = CO^2 + CO + H^2O$. L'oxalate de chaux cristallise en octaèdres tétragones et qui rappellent par leur forme une enveloppe de lettre (*fig.* 5, page 55).

L'acide oxalique peut être formé par l'oxydation incomplète de l'allantoïne et de l'acide urique.

Acide oxalurique. — $C^3H^4Az^2O^4$. Cristaux fins en masse pulvérulente. L'oxalurate d'ammoniaque est peu soluble dans l'eau froide, soluble dans l'eau chaude ; le nitrate d'argent en précipite des aiguilles soyeuses d'oxalurate d'argent, solubles dans l'eau chaude et dans l'ammoniaque.

Acide palmitique. — $C^{16}H^{32}O^2$. En masses cristallines, inodore, insipide ; fusible à + 62° ; insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool ; très-soluble dans l'alcool bouillant, l'éther et le chloroforme.

Acide paralactique. — $C^3H^6O^3$. Isomère de l'acide lactique. Il s'en distingue par la solubilité de ses sels qui contiennent moins d'eau de cristallisation ; le paralactate de chaux est moins soluble que le lactate ; le paralactate de zinc, par contre, est plus soluble.

R. de Böttger. — Il bleuit un papier imprégné de teinture de gayac, puis trempé après dessiccation dans une solution de sulfate de cuivre au $^2/_{1000}$.

Acide taurocholique. — $C^{26}H^{45}AzSO^7$. Poudre blanche, amorphe, très-amère, soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther. Par l'eau de baryte et la chaleur, il se dédouble en acide cholalique et taurine : $C^{26}H^{45}AzSO^7 + H^2O = C^{24}H^{40}O^5 + C^2H^7AzSO^3$. Par les acides il se décompose en acide choloïdique et taurine : $C^{26}H^{45}AzSO^7 = C^{24}H^{38}O^4 + C^2H^7AzSO^3$. Les taurocholates alcalins sont neutres, d'une saveur sucrée, puis amère, solubles dans l'eau et dans l'alcool.

Acide taurylique. — C^7H^8O. Isomère de l'alcool benzilique. Se distingue du phénol par son plus haut point d'ébullition et parce qu'il se solidifie en masse cristalline par l'acide sulfurique concentré. (Stædeler.)

Acide urique. — $C^5H^4Az^4O^3$. Poudre cristalline; incolore quand il est pur, mais ordinairement coloré en jaune ou en brun. Cristaux microscopiques; tables rhomboédriques, prismes à 4 pans ou lames à 6 côtés (*fig.* 6). Insipide, inodore; très-peu soluble dans l'eau; insoluble dans l'alcool et dans l'éther.



Fig. 6. — Acide urique précipité par l'acide acétique.

Transformations de l'acide urique. — Par l'eau bromée il se transforme en urée et alloxane : $C^5H^4Az^4O^3 + Br^2 + 2H^2O = CH^4Az^2O + C^4H^2Az^2O^4 + 2HBr$ (E. Hardy); l'alloxane donne par l'oxydation de l'urée et de l'acide carbonique : $C^4H^2Az^2O^4 + 2O + H^2O = CH^4Az^2O + 3CO^2$. Bouilli avec de l'eau et de l'oxyde de plomb, l'acide urique donne de l'allantoïne et de l'acide carbonique : $C^5H^4Az^4O^3 + H^2O + O = C^4H^6Az^4O^3 + CO^2$.

Dans de certaines conditions d'oxydation, il donne de l'acide oxalurique, $C^3H^4Az^2O^4$. L'ozone le transforme directement en urée, acide carbonique et ammoniaque. (Gorup-Besanez.)

Les *urates* sont en général acides et peu solubles. Les acides

en albuminate basique. Elle se dissout dans l'acide nitrique concentré. La plupart des sels métalliques la précipitent. En la privant de tous ses sels par le dyaliseur, elle ne précipite plus par la chaleur et par l'alcool (Aronstein), mais elle précipite par l'éther.

Privée de ses sels volatils, et spécialement du carbonate d'ammoniaque, par le vide absolu, elle se transforme en une substance identique aux substances fibrinogène et fibrino-plastique. Maintenue plusieurs jours dans le vide à des températures de 40° à 60°, elle abandonne des quantités considérables de gaz consistant surtout en acide carbonique, hydrogène, et une petite quantité d'azote. (Gréhant; fermentation butyrique ?)

Elle dévie à gauche la lumière polarisée.

Albuminoïdes (matières). — *Caractères généraux des matières albuminoïdes.* — Elles contiennent toutes de l'azote et du soufre; leur constitution chimique oscille autour de la moyenne suivante: $C^{54}H^{7}Az^{16}O^{22}S^{1}$ p. 100. Amorphes; solubilité dans l'eau et les acides variable; ordinairement solubles dans les alcalis; insolubles presque toutes dans l'alcool; insolubles dans l'éther. Les solutions aqueuses sont neutres. Elles sont fixes; elles brûlent avec une odeur de corne brûlée en dégageant des produits ammoniacaux et laissent un résidu de cendres qui consiste surtout en phosphate de chaux. Abandonnées à elles-mêmes, elles se décomposent très-facilement. Calcinées avec la potasse ou bouillies avec l'acide sulfurique, elles fournissent de la leucine et de la tyrosine. L'acide azotique concentré, à chaud, les transforme en un corps jaune, acide xanthoprotéique. Traitées par les acides, les alcalis, ou par la décomposition putride, elles donnent les produits de décomposition suivants: acides gras volatils, acides oxalique, acétique, formique, valérianique, fumarique, asparagique, leucine, tyrosine, ammoniaque, etc.; par les oxydants, acides formique, acétique, propionique, butyrique, valérique, caprique, benzoïque, les aldéhydes de ces acides, bases organiques volatiles, acétonitrile, valéronitrile et propionitrile.

Elles dévient à gauche la lumière polarisée.

Elles sont précipitées de leurs solutions par un excès d'acides minéraux forts, par l'acide acétique ou chlorhydrique et le ferrocyanure de potassium, l'acétate basique de plomb, le bichlorure de mercure, le tannin, le carbonate de potasse en poudre.

Réactions des matières albuminoïdes. — 1° Chauffer le liquide et ajouter de l'acide nitrique jusqu'à réaction fortement acide; il se fait un précipité qui ne change pas par l'addition d'acide

2° Ajouter de l'acide acétique jusqu'à réaction fortement acide, mélanger avec un volume égal d'une solution concentrée de sulfate de soude et chauffer jusqu'à l'ébullition; les albuminoïdes sont précipités.

Albuminose. — Voir : *Peptones.*

Alcaptone. — Corps amorphe, jaune pâle, analogue à la glucose, soluble dans l'eau et dans l'alcool ; réduit l'oxyde de cuivre ; chauffé avec la chaux sodée, dégage de l'ammoniaque.

Alcool. — C^2H^6O. Pour déceler des traces d'alcool dans un liquide, on le distille ; le produit est condensé dans un récipient refroidi et redistillé avec du carbonate de potasse sec. On fait alors avec quelques gouttes de produit les essais suivants :

1° On a une coloration verte par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique.

2° On promène sur les parois du ballon condensateur 1 à 3 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré et 2 à 3 gouttes d'acide butyrique ; il se dégage une odeur de fraise (butyrate d'éthyle).

Allantoïne. — $C^4H^6Az^4O^3$. Petits cristaux transparents, prismatiques, inodores, insipides ; neutre ; soluble dans l'eau froide (160 parties) ; insoluble dans l'alcool froid et l'éther ; soluble dans l'eau et dans l'alcool bouillants et dans les carbonates alcalins. La solution ammoniacale de nitrate d'argent en précipite des flocons blancs (combinaison d'oxyde d'argent et d'allantoïne) qui se transforment en grains par le repos ; l'argent se réduit si on chauffe ce précipité à 100°. L'ozone transforme les solutions alcalines d'allantoïne en urée et acide urique. Sous l'influence des alcalis, l'allantoïne se dédouble en acide oxalique et ammoniaque : $C^4H^6Az^4O^3 + 5H^2O = 2C^2H^2O^4 + 4AzH^3$. Chauffée avec l'eau acidulée, elle se transforme en urée et acide allanturique : $C^4H^6Az^4O^3 + H^2O = CH^4Az^2O + C^3H^4Az^2O^3$; l'acide allanturique lui-même, en s'oxydant, donne de l'acide oxalique et de l'urée : $C^3H^4Az^2O^3 + H^2O + O = C^2H^2O^4 + CH^4Az^2O$.

Ammoniaque. — AzH^3. Ses sels donnent avec le *réactif de Nessler* un précipité brun ou une coloration jaune. Le réactif de Nessler se prépare de la façon suivante : On dissout 2 grammes d'iodure de potassium dans 50 centimètres cubes d'eau et on ajoute du biodure mercurique jusqu'à ce qu'il ne s'en dissolve plus ; on laisse refroidir ; on étend de 20 centimètres cubes d'eau ; on mélange 2 parties de cette solution à 3 parties d'une solution concentrée de potasse et on filtre.

Amyloïde (matière). — $C^{336}H^{?}Az^{10}O^{24}S$ (?). Amorphe, insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. La teinture d'iode la colore en rouge-brun foncé, ce qui la rapproche de la matière glycogène ; mais elle s'en distingue parce qu'avec l'acide sulfurique et la chaleur, elle ne donne jamais de glucose. Par l'acide sulfurique concentré et l'iode elle donne une coloration violette. Elle appartient aux substances albuminoïdes et ne doit pas être confondue avec les corpuscules amyloïdes de la substance nerveuse qui sont analogues à l'amidon et bleuissent par l'iode.

Bilifuscine. — $C^{16}H^{20}Az^2O^4$ Poudre brune, presque noire, brillante,

compose que très-lentement et incomplétement par la coction avec l'eau de baryte (caractère distinctif d'avec la *lécithine*).

Cérébrote de *Couerbe*. Paraît être du *protagon*.

Cholestérine. — $C^{26}H^{44}O + H^2O$. Cristallise en tables minces, rhomboédriques, nacrées, à bords souvent irrégulièrement échancrés. Neutre, insipide, inodore ; fond à 135° ; insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool bouillant, l'éther et le chloroforme, non saponifiable par la potasse. Elle se colore en rouge par l'acide sulfurique et en bleu ou en violet par l'iode additionné d'acide sulfurique concentré.

Réactif. — Dissoudre dans le chloroforme ; ajouter un égal volume d'acide sulfurique concentré et agiter ; le liquide prend une couleur rouge-sang, puis rouge-cerise pourpre qui persiste plusieurs jours.

Cholétéline. — Produit ultime d'oxydation de la bilirubine. Probablement identique à l'urobiline.

Choline. — $C^5H^{15}AzO^2$. Produit de décomposition des acides biliaires. Identique à la *neurine*.

Chondrigène (substance). — $C^{49.9}H^{6.6}Az^{14.5}S^{0.4}O^{28.6}$ °/₀. Substance fondamentale des cartilages ; se gonfle dans l'eau ; par l'ébullition dans l'eau se transforme en *chondrine*.

Chondrine. — Même composition que la substance chondrigène. Soluble dans l'eau chaude ; se prend en gelée par le refroidissement ; insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Ses solutions précipitent par l'alcool ; elles précipitent aussi par les acides minéraux, l'acide acétique, l'alun, le perchlorure de fer, l'acétate de plomb, l'azotate d'argent ; le précipité est soluble dans un excès de réactif. Le précipité par l'acide acétique est redissous par les sels alcalins, ce qui distingue la chondrine des matières albuminoïdes. L'acide chlorhydrique à chaud, le suc gastrique la décomposent en *chondroglycose* et une matière albuminoïde. Elle contient moins d'azote que les matières albuminoïdes et les substances collagènes.

Chondroglycose. — Produit de décomposition de la chondrine par l'ébullition avec l'acide chlorhydrique et la digestion par le suc gastrique. Ne cristallise pas ; soluble dans l'eau et l'alcool ; fermente facilement ; réduit l'oxyde de cuivre.

Collagène (substance). — Substance fondamentale des os et du tissu connectif. Elle est ramollie par l'eau froide, mais ne s'y gonfle pas. L'ébullition la transforme en gélatine. Elle se gonfle à froid dans les acides étendus. Elle est plus pauvre en carbone et plus riche en azote que les matières albuminoïdes.

Colloïdine. — $C^9H^{15}AzO^6$ (Gauthier). Se trouve dans les kystes de l'ovaire. Se distingue de la tyrosine, $C^9H^{11}AzO^3$ par $2H^2O + O$. Elle s'en rapproche par quelques-unes de ses réactions.

Colorante de la bile (matière). — Voir : *Bilirubine*.

Élasticine. — $C^{55,5}H^{7,4}Az^{16,7}O^{20}S$ °/₀ (?). Jaune, insoluble dans l'eau, l'ammoniaque, l'acide acétique, l'alcool. Les solutions concentrées de potasse la dissolvent en la décomposant : la solution n'est pas précipitée par les acides ; la solution neutralisée précipite par le tannin.

Élastine. — Voir : *Élasticine.*

Épidermose. — Insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther ; se gonfle dans l'eau et surtout dans l'acide acétique ; l'acide acétique concentré la dissout à chaud. Chauffée avec de l'acide sulfurique étendu, elle donne de la leucine et de la tyrosine.

Excrétine. — $C^{78}H^{156}SO^{2}$ (Marcet). — $C^{20}H^{36}O$ (P. Hinterberger). Cristallise en aiguilles blanches soyeuses ; insoluble dans l'eau ; soluble à chaud dans l'alcool et dans l'éther ; neutre.

Ferment diastatique. — Constaté par V. Wittich dans le foie, la bile, les glandes salivaires, le pancréas, la muqueuse de l'estomac et du duodénum, le sérum sanguin, les reins, le cerveau. Il transforme l'amidon en glucose ; n'est pas modifié par la chaleur entre 60° et 80° ; très-diffusible ; décompose l'eau oxygénée.

Ferment inversif. — Existe dans le suc intestinal (Cl. Bernard). Transforme le saccharose en sucre interverti, c'est-à-dire en un mélange de glucose et de lévulose qui réduit la liqueur de Barreswill.

Ferment peptique. — Existerait dans le suc gastrique (O. Hammarsten). Transforme le sucre de lait en acide lactique.

Ferment du sang. — Déterminerait la coagulation de la fibrine. (A. Schmidt.)

Ferments solubles. — Existent dans la salive, le suc gastrique, le suc pancréatique, etc. Précipitent par l'alcool ; le précipité est soluble dans l'eau et dans la glycérine.

Fibrine. — Filaments blancs, amorphes ; insoluble dans l'eau, l'alcool et les acides minéraux ; se gonfle dans les acides étendus et dans les sels alcalins ; soluble dans les acides étendus (acides acétique, lactique, phosphorique), la potasse, les sels alcalins, le chlorure de sodium au $^1/_{10}$. Le ferrocyanure de potassium la précipite de ses solutions acides, l'acide acétique de ses solutions alcalines. La fibrine décompose l'eau oxygénée en en dégageant l'oxygène et sans paraître subir de modifications (Thénard). Avec l'eau oxygénée additionnée de quelques gouttes de teinture de gayac, elle donne une coloration bleue. (Schœnbein.)

En soumettant à la dyalise la fibrine salée (solution dans le chlorure de sodium au $^1/_{10}$), on obtient une solution qui ressemble tout à fait à une solution d'albumine, sauf qu'elle ne précipite pas par le sulfate de cuivre et le chlorure d'argent ; on y retrouve en outre une deuxième substance incoagulable par la chaleur et qui donne des cendres riches en phosphate de chaux et de magnésie (Gau-

bleu foncé. Évaporée avec de l'acide chlorhydrique, elle donne un composé cristallin, très-soluble dans l'eau et l'alcool. Par la chaleur, la glycocolle se décompose en méthylamine et acide carbonique : $C^2H^5AzO^2 = CH^5Az + CO^2$.

Glycogène (substance). — $C^6H^{10}O^5$. Amorphe, incolore, inodore ; soluble dans l'eau avec opalescence; insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Chauffée avec l'acide chlorhydrique étendu, elle se transforme en dextrine, $C^6H^{10}O^5$. puis en glycose, $C^6H^{12}O^6$. Elle est colorée en violet par l'iode. Elle dissout l'hydrate d'oxyde de cuivre sans le réduire par la chaleur. Elle dévie à droite la lumière polarisée.

Glycose. — $C^6H^{12}O^6$. Amorphe ou cristallisée ; incolore, de saveur sucrée. Peu soluble dans l'eau; soluble dans l'alcool; insoluble dans l'éther. Avec la levûre de bière, elle subit la fermentation alcoolique et produit de l'alcool et de l'acide carbonique : $C^6H^{12}O^6 = 2C^2H^6O + 2CO^2$.

Réactions principales (le liquide à examiner doit être d'abord complétement débarrassé de substances albuminoïdes) :

1° *R. de Barreswill.* — Pour préparer la liqueur de Barreswill, on dissout 34gr.65 de sulfate de cuivre dans 160 grammes d'eau, on dissout d'autre part 173 grammes de tartrate double de potasse et de soude dans 650 centimètres cubes d'une solution de soude de densité de 1,12; le mélange est versé dans un vase jaugé à un litre, et on ajoute de l'eau pour compléter le volume d'un litre. La glycose réduit à chaud la liqueur de Barreswill et donne un précipité rouge d'oxyde cuivreux ; le précipité ne se produit que dans un milieu alcalin, la présence de matières colorantes entrave la réaction et nécessite quelquefois la décoloration préalable par le noir animal. On ne doit pas chauffer au delà de 70°.

2° *R. de Moore.* — Ajouter au liquide une solution de potasse ou de soude caustique, jusqu'à réaction fortement alcaline et chauffer jusqu'à ébullition; s'il contient de la glycose, le liquide se colore en jaune, puis en brun-rouge, puis en brun foncé ou en noir.

3° *Fermentation* avec la levûre de bière.

4° *Examen microscopique des cristaux* de glycose et de la combinaison de glycose et de chlorure de sodium (lames rhomboédriques et pyramides cristallines à 4 et 6 pans).

5° *Examen au polarimètre* ou *au polaristrobomètre.*

Graisses. — $C^{76,5}H^{11,9}O^{11,1}$ %. Solides ou liquides à la température ordinaire; incolores, mais ordinairement colorées dans le corps humain par des matières colorantes (lutéine?) qu'elles dissolvent facilement; insipides; neutres; insolubles dans l'eau et l'alcool froid; solubles dans l'alcool bouillant, l'éther, le chloroforme, les huiles volatiles, les solutions d'albumine et de gélatine, les acides biliaires. Sans action sur la lumière polarisée. Elles sont décomposées par la

Hématoïne. — Cristaux bruns, aiguillés, souvent réunis en étoiles, solubles dans l'acide sulfurique et la potasse; dépourvue de fer; extraite du sang traité par le chlore, puis par l'éthyléther; présente quatre bandes d'absorption spectrale. (Preyer.)

Hématoline. — Matière dépourvue de fer, produite par l'action de l'acide sulfurique concentré sur la potasse (Hoppe-Seyler); insoluble dans l'acide sulfurique et la potasse.

Hématoporphyrine. — Matière dépourvue de fer, obtenue par l'action de l'acide sulfurique concentré sur l'hématine (Hoppe-Seyler); identique à l'hématoïne de Preyer.

Hémine. — Voir : *Hématine.*

Hémoglobine.—Formule empirique : $C^{600}H^{960}Az^{154}FeS^{3}O^{179}$ (Preyer). Cristaux microscopiques rouges ; losanges et prismes à 4 pans; soluble dans l'eau en lui donnant une coloration rouge-sang; la chaleur, la présence des alcalis, augmentent sa solubilité; ses solutions se troublent entre 70° et 80° ; elle est décomposée par tous les agents qui modifient les substances albuminoïdes ; ses produits de décomposition sont : de l'hématine, une matière albuminoïde coagulable (globuline ?), des acides formique, butyrique et autres acides gras volatils.

L'hémoglobine forme avec l'oxygène une combinaison, l'*oxyhémoglobine ;* 1 gramme d'hémoglobine desséchée absorbe en moyenne 1 centimètre cube d'oxygène; cet oxygène peut en être chassé par le vide, la chaleur, les agents réducteurs (*hémoglobine réduite*); l'oxyhémoglobine cristallise plus facilement que l'hémoglobine réduite.

L'oxygène paraît être ozonisé par l'hémoglobine au moment de sa fixation ; si on place une goutte de solution concentrée d'hémoglobine sur du papier imprégné de teinture de gayac, la tache rouge s'entoure d'une auréole bleuâtre. Si on mélange de l'essence de térébenthine récemment distillée et agitée à l'air avec de la teinture de gayac, celle-ci conserve sa teinte jaunâtre; si on ajoute au mélange un peu d'oxyhémoglobine (ou des globules rouges), on voit apparaître la coloration indigo caractéristique de l'ozone; la quinine empêche cette action. L'eau oxygénée décolore très-rapidement l'hémoglobine.

L'oxyde de carbone chasse l'oxygène de sa combinaison avec l'hémoglobine et prend sa place volume à volume (*hémoglobine oxycarbonique*), en la rendant incapable de se combiner de nouveau avec l'oxygène (Cl. Bernard). L'hémoglobine oxycarbonique a la même forme cristalline que l'oxyhémoglobine; elle est plus stable, et n'est plus modifiée par les agents réducteurs. L'hémoglobine se combine encore avec le bioxyde d'azote, l'acétylène, l'acide cyanhydrique.

Caractères spectroscopiques. — Une solution d'oxyhémoglobine

facilité chez les diverses espèces animales ; on peut les classer ainsi sous ce rapport : 1° cristallisation très-difficile : veau, porc, pigeon, grenouille ; 2° cristallisation difficile : homme, singe, lapin, mouton ; 3° cristallisation facile : chat, chien, souris, cheval ; 4° cristallisation très-facile : rat, cabiai. Il y a aussi des différences dans la forme même et dans la solubilité de ces divers cristaux (voir : W. Preyer, *Die Blutkrystalle*).

Hydrobilirubine de Maly. — Voir : *Urobiline*.

Hypoxanthine. — $C^5H^4Az^4O$. Cristaux microscopiques composés de très fines aiguilles incolores ; peu soluble dans l'eau ; insoluble dans l'alcool et dans l'éther. L'acide nitrique concentré la transforme en xanthine $C^5H^4Az^4O^2$. Elle donne des combinaisons cristallisables, azotate et chlorhydrate d'hypoxanthine ; ce dernier sel est plus soluble que le chlorhydrate de xanthine.

Indican. — $C^{26}H^{31}AzO^{17}$. Liquide sirupeux, brun clair, de saveur amère et nauséeuse, soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Avec les liquides alcalins, il donne la réaction de la glycose. La chaleur le décompose en indicanine et en indiglucine : $C^{26}H^{31}AzO^{17} + H^2O = C^{20}H^{21}AzO^{12} + C^6H^{10}O^6$. Par l'acide chlorhydrique concentré, il se décompose en indigo et en indiglucine : $C^{26}H^{31}AzO^{17} + 2H^2O = C^8H^5AzO + 3C^6H^{10}O^6$; l'indigo, à son tour, donne en s'hydratant, de la leucine et de l'acide formique : $C^8H^5AzO + 5H^2O = C^6H^{13}AzO^2 + CH^2O^2 + CO^2$. L'indiglucine a un goût sucré et réduit l'oxyde de cuivre, mais ne donne pas la fermentation alcoolique.

Indol. — C^8H^7Az. Corps blanc, d'une odeur rappelant celle des excréments ; fusible à 52° ; soluble dans l'eau bouillante, l'alcool et l'éther. Base très-faible.

Inosite. — $C^6H^{12}O^6 + 2H^2O$. Gros cristaux incolores, solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool et l'éther ; saveur sucrée ; dissout l'hydrate d'oxyde de cuivre sans le réduire par la chaleur.

R. de Schérer. — Évaporer le liquide avec de l'acide nitrique sur une lame de platine, presque jusqu'à siccité ; reprendre le résidu par l'ammoniaque et une goutte de solution de chlorure de calcium et évaporer doucement jusqu'à siccité ; on a une coloration rosée.

Kératine. — Voir : *Épidermose*.

Lactoprotéine. — Substance albuminoïde qui ne précipite ni par les acides, ni par la chaleur, ni par le bichlorure de mercure, mais seulement par le nitrate acide de mercure azoteux. (Existerait dans le lait [Millon et Commaille] ; douteux.)

Lactose. — $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$. Cristaux durs, incolores, brillants, de saveur faiblement sucrée, solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool et dans l'éther ; il réduit l'oxyde de cuivre comme la glucose. Il donne avec la levûre de bière une fermentation alcoolique incomplète. Avec la craie et le fromage, il donne la fermentation lactique. Il dévie à droite la lumière polarisée.

Méthémoglobine. — Produit de décomposition intermédiaire de l'hémoglobine avant d'arriver à l'hématine. Bande d'absorption spectrale entre C et D.

Mucine. — $C^{48,9}H^{6,8}Az^{8,5}O^{35,8}$ (Eichwald). Se gonfle dans l'eau sans s'y dissoudre; sa solution précipite par l'alcool, par les acides étendus (pr. soluble dans un excès de réactif), par l'acide acétique (pr. insoluble dans les sels alcalins); elle ne coagule pas par la chaleur. Les solutions neutres ou alcalines de mucine ne sont pas précipitées par le sulfate de cuivre, le bichlorure de mercure, le nitrate d'argent, le perchlorure de fer, etc. Par l'ébullition avec les acides, elle donne de l'albumine acide et du sucre de raisin. (Eichwald.)

Myéline. — Voir : *Lécithine*

Myosine. — Soluble dans les solutions alcalines, spécialement le chlorure de sodium; transformée par les acides étendus en syntonine; sa solution saline coagule par la chaleur, comme l'albumine. L'alcool la précipite.

Naphtylamine. — $C^{10}H^{9}Az$. Aiguilles incolores, d'odeur désagréable, de saveur amère; soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther.

Neurine. — $C^{5}H^{15}AzO^{2}$. Produit de dédoublement de la lécithine et du protagon, sous l'influence des acides et des bases. Identique à la choline.

Névrine. — Voir : *Neurine.*

Nucléine. — Substance du noyau des cellules de pus; très-rapprochée de la mucine et de la matière amyloïde. (Miescher.)

Oléine. — $C^{57}H^{104}O^{6}$ ou $C^{3}H^{5}(C^{18}H^{33}O)^{3}O^{3}$. Liquide à la température ordinaire; incolore; facilement oxydable à l'air et se colore en jaune; soluble dans l'alcool absolu; dissout la palmitine et la stéarine. Représente la masse principale de la graisse du corps.

Osséine. — Voir : *Collagène (substance).*

Oxyhémoglobine. — Voir : *Hémoglobine.*

Palmitine. — $C^{51}H^{98}O^{6}$ ou $C^{3}H^{5}(C^{16}H^{31}O)^{3}O^{3}$. Cristallise en fines aiguilles, souvent radiées autour d'un centre (*fig.* 9. *c*, page 71); soluble dans l'alcool bouillant et l'éther. Point de fusion très-variable, de 46° à 63°.

Pancréatine. — Voir : *Suc pancréatique.*

Paraglobuline. — Voir : *Fibrinoplastique (substance).*

Paralbumine. — Se distinguerait de l'albumine du sérum par deux caractères : le précipité obtenu par l'alcool est soluble dans l'eau; elle se coagule incomplètement par la chaleur. (Schérer.)

Parapeptone. — Identique à la *syntonine.*

Pepsine. — Voir : *Suc gastrique.*

Peptones. — Se distinguent des autres substances albuminoïdes par les caractères suivants : elles sont solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool absolu et dans l'éther, mais l'alcool les précipite difficilement de leur solution aqueuse; la chaleur ne les coa-

Stéarine. $C^{57}H^{110}O^6$ ou $C^3H^5(C^{18}H^{35}O^2)^3$. Moins soluble que les autres graisses dans l'alcool bouillant et dans l'éther; cristallise en tables rectangulaires, plus rarement en prismes rhomboédriques. Point de fusion vers 60°.

Stercorine. — Identique à la *séroline*.

Sucres. — Voir: *Alcaptone, Chondroglycose, Glycose, Inosite, Lactose, Sucre musculaire.*

Sucre de gélatine. — Voir : *Glycocolle.*

Sucre de lait. — Voir : *Lactose.*

Sucre musculaire. — Cristaux peu nets, solubles dans l'eau, moins solubles dans l'alcool que la glycose ; réduit l'oxyde de cuivre en solution alcaline. Dévie à droite la lumière polarisée.

Sucre de raisin. — Voir : *Glycose.*

Sulfocyanure de potassium.—Voir: *Acide sulfocyanhydrique.*

Syntonine. — Elle se distingue de l'albumine basique parce que sa solution dans les alcalis étendus et dans les carbonates alcalins est précipitée par la neutralisation (même en présence des phosphates alcalins). Elle a deux autres réactions principales : 1° sa solution dans l'eau de chaux est coagulée en partie par la chaleur; 2° la même solution précipite à chaud par le chlorure de calcium, le sulfate de magnésie et le chlorure de sodium.

Taurine. — $C^2H^7AzSO^3$. Cristaux prismatiques, incolores, solubles dans l'eau, surtout chaude, insolubles dans l'alcool absolu et dans l'éther, solubles dans l'esprit de vin chaud ; neutre ; elle ne précipite pas par l'azotate de baryum.

Triméthylamine. — C^6H^9Az. Isomère avec la propylamine; très-soluble dans l'eau.

Trioléine. — Voir : *Oléine.*

Tripalmitine. — Voir : *Palmitine.*

Tristéarine. — Voir : *Stéarine.*

Tyrosine. — $C^9H^{11}AzO^3$. Cristallise en aiguilles microscopiques soyeuses, incolores (*fig.* 9, *b*, page 71) ; insipide, inodore : peu soluble dans l'eau froide ; insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Brûle en donnant l'odeur de corne brûlée. Par l'oxydation, par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique, elle donne de l'essence d'amandes amères, de l'acide cyanhydrique, de l'acide benzoïque, formique, acétique, carbonique.

R. de Piria. — Chauffer la substance avec quelques gouttes d'acide sulfurique concentré dans un verre de montre ; quand la solution est refroidie, on y ajoute un peu d'eau et de carbonate de chaux, tant qu'il y a une effervescence ; on filtre, on évapore à un petit volume et on ajoute deux gouttes de solution neutre de chlorure de fer. S'il y a de la tyrosine, on a une coloration violette.

R. d'Hoffmann. — Mettre la substance dans un verre avec un peu d'eau ; ajouter quelques gouttes d'une solution neutre d'azotate de

Zoamyline. — Voir : *Glycogène (matière)*.

Bibliographie. — Denis : *Nouvelles Études sur les substances albuminoïdes*, 1856. (Ses premiers travaux datent de 1838.) — E. Eichwald jun. : *Beiträge zur Chemie der gewebbildenden Substanzen*, 1873.—W. Preyer : *Die Blutkrystalle*, 1871.

CHAPITRE DEUXIÈME

GAZ DU CORPS HUMAIN.

Les gaz du corps humain consistent en oxygène, azote, acide carbonique, hydrogène, hydrogène carboné et hydrogène sulfuré. Ces gaz se présentent sous deux états, soit à l'état libre dans certaines cavités du corps (voies aériennes et voies digestives), soit à l'état de dissolution dans les liquides de l'organisme.

1. — GAZ LIBRES.

L'*oxygène* se rencontre dans les voies pulmonaires et dans le tube intestinal. L'oxygène des poumons provient directement de l'air atmosphérique inspiré ; celui du tube intestinal paraît provenir exclusivement de l'air ingéré avec les aliments et les boissons ; il s'y trouve toujours en très-petite quantité.

L'*azote* existe dans les poumons et dans le tube digestif et, comme l'oxygène, provient de l'air atmosphérique inspiré ou dégluti. Chevreul, chez un supplicié, a trouvé, pour 100 volumes de gaz, 71,45 volumes d'azote dans l'estomac ; 20,8 — 8,85 — 66,60 dans l'intestin grêle ; 67,50 dans le cœcum, 51,03 — 18,40 dans le côlon ; 45,96 dans le rectum. Le gros intestin en contient ordinairement plus que l'intestin grêle, ce qui semble indiquer qu'une partie au moins de l'azote provient d'une autre source que l'air atmosphérique ingéré. E. Ruge l'a trouvé augmenté dans le gros intestin après l'alimentation par la viande.

L'*hydrogène* a été trouvé en très-petite quantité dans l'air expiré ; mais il se rencontre surtout dans le tube intestinal. Chevreul donne les chiffres suivants : estomac, 3,55 p. 100 ; intestin grêle, 5,4 à 11,6 ; gros intestin, 7,5. Sa présence dans l'estomac n'a pu être constatée par d'autres chimistes. Sa proportion dans le gros intestin augmente par le régime lacté ; elle est au minimum après l'ingestion de viande. Pettenkofer l'a trouvé dans les produits gazeux de la perspiration cutanée. L'hydrogène paraît être un produit de décomposition chimique et est dû probable-

La faible quantité d'oxygène de la lymphe et des sécrétions provient probablement de l'oxygène du sérum sanguin qui entre dans la composition de ces liquides et a transsudé à travers la paroi des capillaires.

L'*azote* se rencontre en très-petite proportion dans tous les liquides et probablement à l'état de dissolution simple. Dans le sang, il paraît être contenu dans le sérum, et provient de l'azote de l'air atmosphérique absorbé dans la respiration. Le coefficient d'absorption du sang pour l'azote est plus élevé que celui de l'eau.

L'*acide carbonique* existe dans tous les liquides de l'organisme en très-forte proportion, en moyenne 90 p. 100 environ du volume total des gaz. Dans le sang, presque tout l'acide carbonique se trouve dans le sérum ; mais la question de savoir dans quel état il s'y trouve est loin d'être tranchée complétement. On admet en général qu'une partie de l'acide carbonique se trouve à l'état libre et l'autre en combinaison avec les carbonates et les phosphates du sérum, et on regarde comme acide carbonique libre celui qui s'extrait par le vide seul (voir : analyse des gaz du sang), et acide carbonique combiné celui qui s'extrait par l'addition d'acides (acide tartrique, par exemple). Mais Preyer et Pflüger ont montré que tout l'acide carbonique pouvait être extrait par le vide seul, en prenant la précaution d'absorber la vapeur d'eau et de faire le vide à sec ; l'opération ne réussit qu'avec le sang contenant des globules rouges et non avec le sérum seul ; l'addition de globules rouges au sérum produit le même effet que l'addition d'un acide, c'est-à-dire un nouveau dégagement d'acide carbonique. (Preyer.)

En résumé, l'acide carbonique du plasma paraît contenu sous deux états :

1° A l'état de combinaison avec les carbonates et les phosphates, comme carbonate et bicarbonate de sodium (Sertoli, surtout dans le sang des herbivores), et comme phospho-carbonate de sodium (Fernet) ; cette portion formerait les 15 p. 100 environ du volume total de l'acide carbonique du sérum (Zuntz) ;

2° Libre et en dissolution dans le sérum ; il suit alors la loi d'absorption des gaz. L'alcalinité du sang n'a, du reste, rien qui s'oppose à la présence d'acide carbonique libre dans le sang.

Les globules rouges contiendraient aussi, d'après A. Schmidt, une petite quantité d'acide carbonique, qui pourrait diminuer,

Ces analyses sont empruntées à Mathieu et Urbain (albumine, pus), E. Pflüger (lait, bile, salive, urine), Hammersten (lymphe), Planer (sérosité). Tous les chiffres, pour les rendre comparables, ont été réduits à 0° et à 0,76 de pression. Pour les chiffres des gaz du sang, voir *Sang*. Ces tableaux ne sont donnés que sous toutes réserves; les analyses de ces différents liquides sont encore trop peu nombreuses pour qu'on puisse en tirer des conclusions positives.

Bibliographie. — FERNET : *Du Rôle des principes élémentaires du sang dans l'absorption ou le dégagement des gaz*, 1858. — PFLÜGER : *Die Kohlensaeure des Blutes*, 1864. — MATHIEU et URBAIN : *Des Gaz du sang* (Arch. de Phys., 1871-1872).

CHAPITRE TROISIÈME.

LIQUIDES DU CORPS HUMAIN.

Le sang forme le premier et le plus important des liquides du corps humain; au sang se rattachent la lymphe et le chyle, qui ne sont que des dérivés du sang, avec addition, la première, de principes provenant des tissus, le second, de principes absorbés dans la digestion. Un second groupe comprend les sérosités et transsudations, liquides exsudés à travers les parois des capillaires dans les cavités du corps et très-analogues comme composition au sérum du sang et de la lymphe. Les liquides qui viennent ensuite constituent les sécrétions et excrétions et on peut les classer, au point de vue de la chimie physiologique, en : 1° sécrétions où dominent les sels et les matières extractives: urine, sueur, larmes, bile; 2° sécrétions où dominent les matières grasses: lait et matières sébacées et cérumineuses; 3° sécrétions albumineuses, très-riches en matières albuminoïdes: mucus, sperme, synovie; 4° sécrétions contenant des substances albuminoïdes particulières ou ferments solubles; ce groupe comprend les sécrétions dites digestives: salive, suc gastrique, suc pancréatique, suc entérique.

L'étude de ces divers liquides ne sera faite ici qu'au point de vue de la composition et des caractères chimiques; tout ce qui concerne le mécanisme des sécrétions et leur rôle physiologique sera renvoyé soit au chapitre des sécrétions, soit à celui de la

vasculaire; 2° un courant indirect ou dérivé qui traverse les parois des capillaires et se déverse dans des espaces, espaces lymphatiques (11, 12); là, il est repris, sous le nom de *lymphe*, par

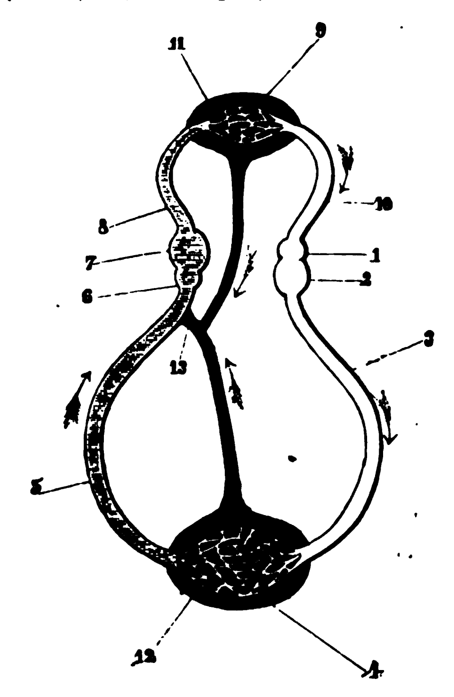


Fig. 12. — Schéma de l'appareil vasculaire. (Voir page 81.)

des vaisseaux particuliers, vaisseaux lymphatiques, qui se rendent (13) dans les veines avant leur abouchement dans le cœur droit. La lymphe représente donc une sorte de filtration du sang, et les lymphatiques un véritable appareil de drainage pour le liquide sanguin. La lymphe qui revient des capillaires de l'intestin, chargée d'une partie des principes absorbés dans la digestion, présente des caractères particuliers et a reçu le nom de

---

Fig. 12. — 1, oreillette gauche — 2, ventricule gauche. — 3, aorte. — 4, capillaires généraux. — 5, veines. — 6, oreillette droite. — 7, ventricule droit. — 8, artère pulmonaire. — 9, capillaires pulmonaires. — 10, veines pulmonaires. — 11, 12, espaces lymphatiques. — 13, abouchement des lymphatiques.

Le sang est constitué par les parties suivantes :

1° Parties solides ou globules	globules rouges. ..... globules blancs	caillot ;
2° Partie liquide ou plasma	fibrine ou partie coagulable.............	caillot ;
	sérum.	
3° Gaz du sang.		

1. — GLOBULES.

1° *Globules rouges.*

Numération des globules rouges. — 1° *Procédé de Vierordt.* — On étend une petite quantité de sang d'un volume déterminé d'eau sucrée; on fait passer une petite quantité de ce mélange dans un tube capillaire dont on connaît exactement le calibre; on mesure sous le microscope la longueur de la colonne sanguine, ce qui donne le volume du sang; on étend ce sang sur un verre porte-objet dans une solution de gomme qui en séchant conserve les globules, et on n'a plus qu'à les compter à l'aide d'un micromètre quadrillé. — 2° *Procédé de Malassez.* — On fait d'abord un mélange parfaitement titré de sang et de sérum artificiel, soit dans une éprouvette, soit avec le *mélangeur-Potain*. Le sérum artificiel se compose de 1 volume d'une solution de gomme arabique, de densité de 1,020 au pèse-urine, et de 3 volumes d'une solution à parties égales de sulfate de sodium et de chlorure de sodium de même densité. — Le *mélangeur-Potain* représente une sorte de pipette à tube capillaire ; dans l'ampoule de la pipette se trouve à l'état de liberté une petite boule de verre; un tube de caoutchouc s'adapte à la partie de la pipette supérieure à l'ampoule; l'autre extrémité du tube est graduée et effilée en pointe et a, entre les deux traits extrêmes de la graduation, une capacité de 1 centième de la capacité totale de l'ampoule. Pour faire un mélange au 1/100e, on aspire par le tube en caoutchouc une colonne de sang égale à la longueur de la partie graduée et on aspire ensuite du sérum artificiel de façon à remplir l'ampoule; on agite le tout, et la petite boule contenue dans l'ampoule mélange entièrement le sang et le sérum. Ce mélange est alors introduit dans un tube fin en verre (capillaire artificiel), calibré et cubé, qu'on place sous le microscope et dont on compte les globules sur un micromètre quadrillé. (Arch. de Phys., 1874.)

Les *globules rouges*, ou *hématies* (*fig.* 13, page 85), sont de petits corpuscules de 0^{mm},007 de diamètre sur 0^{mm},0019 d'é-

histologistes. Brücke distingue dans le globule une masse poreuse, sorte de charpente molle, transparente, ou l'*oïkoïde*, et une substance vivante, contractile, colorée, le *zooïde*. Béchamp et Estor les considèrent comme des agrégations de microzymas (voir : *Fermentations*). Les globules rouges sont circulaires chez tous les mammifères, sauf les caméliens; ils sont elliptiques chez les caméliens, les oiseaux, les amphibies (*fig*. 14), les reptiles et la plupart des poissons; ils sont circulaires chez les cyclostomes. Leur grandeur est très-variable pour les différentes espèces; les plus considérables se rencontrent chez les amphibies; ceux du protée ont $^1/_{12}$ de millimètre.


Fig. 14. — Globules du sang de grenouille.

Composition du globule sanguin. — Le globule sanguin se compose de deux parties, le *stroma*, ou masse globulaire, et la matière colorante ou hémoglobine.

Procédés de séparation du stroma et de la matière colorante. — 1° *Isolement du stroma.* — Pour isoler le stroma de la matière colorante, on peut employer divers procédés; la réfrigération, l'électricité font passer dans le plasma la matière colorante des globules. Si on laisse tomber goutte à goutte du sang défibriné (surtout de cabiai) dans une capsule placée dans un mélange réfrigérant et qu'on chauffe ensuite rapidement à + 20°, le sérum se colore et les globules restent à peu près incolores (Rollet). — 2° *Extraction de l'hémoglobine. Procédé de Preyer.* On prend du sang de cheval ou de chien qu'on laisse se coaguler; on décante le sérum; on lave le caillot à l'eau glacée et on le fait congeler; on le triture sur un filtre avec de l'eau glacée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne précipite plus que faiblement par le bichlorure de mercure; puis on dissout le globule dans l'eau tiède (40°). Le liquide filtré est recueilli, additionné d'une quantité convenable d'alcool et abandonné dans un mélange réfrigérant; il se dépose des cristaux qu'on lave avec de l'eau glacée alcoolisée et qu'on purifie par une recristallisation. (Pour les détails et pour les autres procédés de préparation, voir les *Traités de chimie spéciale* et surtout le *Manuel de chimie pratique* de E. Ritter, et le mémoire de W. Preyer : *Die Blutkrystalle.*)

Le *stroma* globulaire (globuline de Denis), obtenu par le procédé de Rollet, a conservé la forme et la plupart des propriétés des globules rouges; mais les globules ainsi décolorés sont de-

établie, j'ai constaté les faits suivants : le cœur est à ce moment constitué par des cellules polygonales très-régulières ; à deux reprises, j'ai vu très-distinctement une de ces cellules, plus réfringente que les autres, se détacher peu à peu des parois du cœur, devenir libre et passer alors, comme globule sanguin, dans la cavité cardiaque où elle se charge de matière colorante. Robin et la plupart des auteurs les font provenir directement des cellules du feuillet moyen du blastoderme. La multiplication des globules rouges se fait par scission des globules primitifs, scission qui porte d'abord sur le noyau (*fig.* 15, *i*) et consécutivement sur



Fig. 15. — Globules du sang de l'embryon humain.

le globule. Le foie paraît jouer un rôle essentiel dans la multiplication des globules rouges. On retrouve encore des globules à noyau sur des fœtus de cinq mois. La figure 15, empruntée à Robin, représente les diverses formes, naturelles ou altérées, qu'on rencontre sur l'embryon humain.

Chez l'adulte, les globules rouges paraissent se former aux dépens des globules blancs, mais jusqu'ici on n'a pu suivre d'une façon précise le mode de transformation ; cependant Recklinghausen, en plaçant du sang de grenouille dans des capsules et dans un air saturé d'humidité, a suivi, en dehors de l'organisme, les transformations des globules blancs en globules rouges,

Fig. 15. — Ces globules proviennent d'embryons de 3, 8 et 25 millimètres. — *a*, *b*, *c*, *o*, *q*, globules normaux vus de face et de profil. — *d*, globule gonflé par l'eau. — *k*, *l*, *m*, *n*, globules déformés. — *h*, *g*, *u*, *v*, *x*, *y*, *z*, *w*, déformations plus prononcées. — *f*, *s*, *t*, globules crénelés. — *p*, *r*, globules offrant des prolongements. — *i*, globule à deux noyaux.

sont très-petits et réduits à un noyau entouré d'une mince couche de protoplasma; on trouve, du reste, toutes les formes de transition jusqu'aux globules parfaits. On rencontre en outre dans le sang des amas irréguliers provenant de l'agglomération de plusieurs globules et des granulations qui ressemblent beaucoup aux *micrococcus* et qui viennent de la dissociation des globules blancs, granulations élémentaires de Zimmermann. (L. Riess.)

Les globules blancs offrent, d'une façon très-nette, le phénomène des mouvements dits *amœboïdes* parce qu'ils ressemblent à ceux des amibes (voir : *Protoplasma*); ces mouvements sont plus prononcés si on chauffe la préparation à la température du corps.

C'est probablement grâce à ces mouvements qu'ils peuvent traverser les pores des membres organiques; ainsi Lortet appliqua la membrane de la chambre à air d'un œuf de poule, dépouillé à ce niveau de sa coquille, sur une plaie en suppuration, et trouva, au bout de quelques heures, les globules blancs du pus (identiques à ceux du sang) à la face interne de la membrane.

Un caractère essentiel de ces globules, c'est leur ubiquité; ils ne sont pas exclusifs au sang, comme les globules rouges; on trouve partout ou à peu près partout, spécialement dans les tissus connectifs, des éléments absolument semblables.

Le mode de formation et la durée des globules blancs sont presque inconnus; tout ce qu'on sait, c'est que les glandes lymphatiques et les organes lymphoïdes (rate, thymus, etc.) sont les lieux principaux de leur production.

2. — PLASMA.

Le plasma sanguin, obtenu comme on l'a indiqué plus haut, en ralentissant la coagulation du sang, est un liquide incolore ou ambré, alcalin, d'une densité de 1,027; au bout de peu de temps, il se prend en une gelée transparente qui se rétracte peu à peu en expulsant le sérum dans lequel nage le caillot de fibrine.

1° *Fibrine.*

Prép. — Pour obtenir la fibrine, on bat le sang, immédiatement au sortir de la veine, avec un petit balai de brins de baleine; la fibrine se

poxanthine, lécithine, triméthylamine, ammoniaque. Le sucre, à l'état de glycose, s'y trouve partout en petite quantité, sauf dans les racines et le tronc de la veine porte (voir: *Glycogénie*). On y a signalé la présence d'acides gras volatils et non volatils, acétique, lactique, formique, butyrique, caproïque, acide sulfocyanhydrique (Leared); d'après H. Ford, il contiendrait des traces d'alcool provenant de la fermentation de la glycose.

Les sels du sérum sont constitués par la soude, la potasse, la chaux, la magnésie, comme bases, et par des chlorures, des sulfates, des phosphates et des carbonates; il y a prédominance de la soude et des chlorures.

La réaction alcaline du sang provient du bicarbonate de soude et du phosphate tribasique de soude dissous dans le plasma.

3. — GAZ DU SANG.

Extraction des gaz du sang. — Cette extraction peut se faire par plusieurs procédés. Les plus usités sont: l'extraction par le vide, et l'extraction par déplacement gazeux.

A. *Extraction des gaz du sang par le vide.* Ce procédé, employé d'abord par Magnus, puis par Lothar Meyer, utilise le vide barométrique. Mais les résultats étaient peu précis, à cause de l'insuffisance des instruments, et ce ne fut que lorsque Ludwig et ses élèves, Sestchenow, et surtout Pflüger, eurent perfectionné les appareils, que ce procédé fut employé journellement dans les laboratoires. La figure 16 représente l'appareil construit par Alvergniat.

L'appareil (*fig.* 16, page 93) se compose d'un tube fixe, *tube barométrique*, dont la hauteur dépasse la hauteur barométrique; ce tube porte à sa partie supérieure une ampoule, *ampoule barométrique*, et se divise au-dessus de cette ampoule en deux branches, une branche verticale effilée, qui sert au dégagement des gaz et communique avec une cuvette qu'on remplit de mercure; une branche horizontale à laquelle s'adapte, par un caoutchouc à parois épaisses, le tube dans lequel se place le liquide dont on veut extraire les gaz, ou *tube extracteur*. L'extrémité inférieure du tube barométrique fixe communique par un caoutchouc à parois épaisses avec un réservoir à mercure d'une capacité supérieure à celle du reste de l'appareil et qui peut monter ou descendre le long d'une coulisse par le jeu d'une manivelle. Un robinet à trois voies est placé à la jonction du tube barométrique fixe avec ses deux branches; dans la position 1 (*fig.* 16, page 93), il communique par sa branche verticale effilée avec la cuvette supérieure; dans la position 3,

barométrique; on place le robinet en position 3 et une partie de l'air du tube extracteur passe dans l'ampoule barométrique; on met le robinet en position 1 et on élève le réservoir à mercure; l'air s'échappe par le tube de dégagement à mesure que le mercure monte dans le tube barométrique; on replace le robinet dans la position 2 et on répète l'opération jusqu'à ce qu'il ne sorte plus de bulles d'air par le tube de dégagement (huit à dix fois environ); on a alors le vide dans le tube extracteur. Pour avoir le vide plus parfait, Gréhant remplit préalablement le tube extracteur d'eau distillée bouillie qu'on expulse par la même série de manipulations.

2° *Introduction du sang dans le tube extracteur.* — Pour introduire le sang dans le tube extracteur, il faut certaines précautions pour éviter le contact de l'air. On peut mettre directement le vaisseau de l'animal en communication avec un tube relié par un robinet avec le tube extracteur (*fig.* 16, page 93). On peut se servir aussi d'une pipette, ou mieux d'une seringue graduée (*fig.* 17, page 95), avec laquelle on aspire le sang, et on rattache par un tube de caoutchouc rempli de mercure le bout de la pipette ou de la seringue avec le tube de dégagement; on place alors le robinet à trois voies dans la position 1 et on abaisse le réservoir mobile pour faire pénétrer une certaine quantité de sang dans l'ampoule barométrique; on fait alors passer ce sang facilement dans le tube extracteur en mettant le robinet dans la position 3 et élevant le réservoir mobile. L'appareil de Mathieu et Urbain évite une partie des difficultés de cette introduction du sang à l'abri de l'air.

3° *Extraction des gaz du sang.* — On fait le vide par le procédé déjà décrit, et à chaque fois on fait passer les gaz extraits dans une éprouvette graduée placée au-dessus du tube de dégagement. On répète la manipulation jusqu'à ce que le sang ne fournisse plus de gaz. Pour que la mousse due à la viscosité du sang n'aille pas jusqu'à la branche horizontale, on donne au tube extracteur une certaine longueur et on lui adapte un manchon réfrigérant dans lequel coule un courant d'eau froide.

Pour achever de dégager les gaz, on chauffe la partie inférieure du tube extracteur dans de l'eau à + 40° (*fig.* 16, page 93). Enfin, pour extraire l'acide carbonique uni aux alcalis, on ajoute une petite quantité d'une solution bouillie d'acide tartrique et on répète l'opération.

4° *Analyse des gaz.* — L'analyse des gaz recueillis dans l'éprouvette se fait par les méthodes ordinaires usitées en chimie; l'oxygène est absorbé par l'acide pyrogallique ou le phosphore; l'acide carbonique par la potasse; l'azote est dosé par différence.

B. *Extraction de l'oxygène du sang par déplacement; procédé de Cl. Bernard.* — On introduit dans une éprouvette graduée 20 centimètres cubes de sang; on y fait arriver de l'oxyde de carbone et on agite; au bout de 24 heures, l'oxyde de carbone a déplacé tout l'oxygène; on fait ensuite l'analyse des gaz; l'oxygène est absorbé par

sérum sanguin. Cependant quand le sang est très-riche en oxygène, il contient plus d'azote qu'il n'en contiendrait d'après son coefficient d'absorption par l'eau.

4. — DU SANG CONSIDÉRÉ DANS SON ENSEMBLE.

1° *Caractères organoleptiques.*

Couleur du sang. — Le sang artériel est rouge vermeil, monochromatique; le sang veineux, sauf quelques exceptions, est dichroïque, rouge foncé en couches épaisses, vert en couches minces. Ces différences de coloration tiennent à l'état même de l'hémoglobine, le sang artériel contenant de l'oxyhémoglobine rouge clair, transparente, le sang veineux contenant une certaine quantité d'hémoglobine réduite. L'oxyde de carbone donne de même à l'hémoglobine et par suite au sang une couleur rutilante.

Les variations de couleur du sang dépendent de deux causes principales: 1° de l'état de l'hémoglobine et des altérations qu'elle subit; 2° de l'état des globules et surtout de leur différence de réfraction d'avec le pouvoir réfringent du plasma; tout ce qui augmente la différence de réfringence des globules et du plasma rend le sang moins transparent, mais le fait paraître moins foncé à la lumière réfléchie; c'est ainsi qu'agissent les solutions salines qui enlèvent l'eau des globules en les rendant plus réfringents. Tout ce qui diminue la différence de réfraction des globules et du plasma a un effet inverse; ainsi l'addition d'eau rend le sang plus foncé et plus transparent.

Le sang veineux n'a pas toujours une coloration foncée. Le sang veineux des glandes en activité, celui des veines rénales, par exemple, est rouge (Cl. Bernard). Chez les animaux refroidis artificiellement, le sang des veines ressemble au sang artériel; le sang des animaux hibernants est plus rouge, quoique la respiration soit ralentie. Le sang artériel peut devenir foncé dans certaines conditions; si on comprime la trachée sur un animal, le sang devient noir presque immédiatement (Bichat); le même phénomène se produit quand on comprime le larynx en mettant une canule dans la trachée pour maintenir la respiration.

Odeur du sang. — L'odeur du sang, *halitus sanguinis*, est

du sang hâte sa coagulation; 2° une température modérée favorise la coagulation.

La coagulation est *retardée* par : 1° l'absence d'oxygène; 2° une température au-dessous de 0°, ou au-dessus de 50°; 3° la saturation du sang par l'acide carbonique; 4° l'addition d'une faible quantité d'alcali et d'acide, ou de certains sels, carbonate de sodium et de potassium, sulfate de sodium, azotate de potassium, chlorure de sodium et de potassium, etc. L'addition de 10 à 20 fois son volume de glycérine empêche la coagulation du sang. (Grunhagen.)

Si l'on connaît assez bien aujourd'hui les conditions de la coagulation, on sait moins pourquoi le sang reste liquide dans les vaisseaux pendant la vie. La paroi des vaisseaux vivants paraît avoir un rôle important dans ce phénomène; en effet, des corps inertes (morceaux de caoutchouc), introduits dans le sang en circulation, se recouvrent d'une couche de fibrine, et on a constaté sur des cœurs de tortue que le sang reste liquide dans ses cavités tant que le cœur bat. D'un autre côté, une expérience curieuse semble indiquer que cette même paroi des vaisseaux fournit une des deux substances qui engendrent la fibrine, la substance fibrinogène; si dans un cœur de tortue, battant encore, on injecte du sang *défibriné*, ce sang, retiré du cœur, se coagule spontanément (Magendie, Brown-Séquard). Dans ce cas, la paraglobuline proviendrait des globules, la substance fibrinogène des parois vasculaires. Mais alors, pourquoi, dans le sang en circulation, ces deux corps n'agissent-ils pas l'un sur l'autre? On a fait là-dessus plusieurs hypothèses :

1° L'ozone détruirait la paraglobuline à mesure qu'elle paraît dans le sérum et sans lui donner le temps d'agir sur la substance fibrinogène formée par les vaisseaux; le sang, une fois sorti des vaisseaux, l'ozone redevient oxygène ordinaire et la paraglobuline inaltérée convertit alors la substance fibrinogène en fibrine. Cette théorie n'explique pas les dépôts de fibrine sur les corps inertes.

2° Il existerait dans le sang une petite quantité d'ammoniaque qui tiendrait la fibrine en dissolution; cette ammoniaque se dégagerait à l'air, d'où coagulation de la fibrine (Richardson). L'objection précédente s'applique à cette explication, sans compter que si la présence de l'ammoniaque dans le sang n'est plus problématique, sa quantité est infinitésimale.

3° *Quantité de sang du corps.*

Procédés d'évaluation. — 1° *Méthode des saignées avec injection d'eau distillée.* — On pèse un animal; on le décapite ou on le saigne; on le pèse de nouveau; la perte de poids donne le poids du sang écoulé; on détermine la quantité de principes fixes pour 100 contenus dans ce sang. On injecte alors de l'eau distillée dans les vaisseaux; on détermine la quantité de principes fixes que cette eau ramène, et on en déduit le poids du sang resté dans les tissus. On a ainsi le poids total du sang de l'animal. Ce procédé, appliqué chez l'homme par Weber dans un cas de décapitation, donne un chiffre trop fort, l'eau injectée ramenant des principes fixes provenant des tissus. — 2° *Méthode des mélanges.* — On fait une saignée à un animal et on recherche la quantité de principes fixes pour 100. On injecte dans les veines une quantité donnée d'eau distillée qui diminue la proportion relative de principes fixes; on fait alors une deuxième saignée, et la diminution de proportion (pour 100) des principes fixes fait connaître la quantité de sang (Valentin). Cette méthode donne aussi un chiffre trop fort. — 3° *Méthode colorimétrique de Welcker.* — On fait une saignée à un animal, puis on le tue; on recueille tout le sang qui s'écoule et on fait passer dans les vaisseaux un courant d'eau distillée jusqu'à ce que cette eau revienne incolore; on mélange cette eau distillée au sang recueilli après la mort de l'animal; on a ainsi un mélange M_1 d'une certaine coloration; on ajoute alors à la première saignée une quantité d'eau distillée suffisante pour donner au mélange M_2 la coloration de M_1. On connaît donc : 1° la quantité d'eau distillée ajoutée à la première saignée; 2° la quantité de sang de la première saignée; 3° la quantité d'eau injectée dans les veines; il est facile, par une simple proportion, d'en tirer la quatrième quantité inconnue, c'est-à-dire la quantité totale du sang, moins la première saignée, et l'addition de ces deux chiffres donne la quantité totale du sang. Ce procédé donne les résultats les plus exacts. Il peut être appliqué à l'évaluation de la quantité de sang des différents organes. — On a encore apprécié la quantité de sang du corps en dosant la quantité d'hématine. (W. Brozeit.)

Chez l'homme, la quantité de sang du corps peut être évaluée à environ $^1/_{13}$ du poids du corps, c'est-à-dire à un peu moins de 5 kilogrammes.

4° *Analyse du sang.*

Procédé d'analyse du sang. — L'analyse du sang comporte les opérations successives suivantes :

d'albumine, $P'(x+p)$. La proportion d'albumine étant la même dans les deux sangs, on aura :

$$Px = P'(x+p), \quad \text{d'où} \ ; \quad x = \frac{pP'}{P - P'}.$$

On a ainsi le poids du sérum; on connaît le poids de la fibrine; la différence entre le poids du sang et la somme des poids du sérum et de la fibrine donne le poids des globules. En divisant ce poids par 4, on a le poids des globules secs.

10° Dosage de l'hémoglobine : — a) *D. par la quantité de fer.* 100 grammes d'hémoglobine contiennent environ 0gr,42 de fer; en dosant le fer on aurait la quantité d'hémoglobine; ce procédé est peu exact. — b) *D. colorimétrique d'Hoppe-Seyler.* On fait une solution étendue titrée d'hémoglobine, cristallisée dans l'eau, et on en remplit une *cuve hématinométrique* [1]; puis on prend 20 grammes de sang défibriné qu'on étend à 400 centimètres cubes, et on le met à côté dans une deuxième cuve hématinométrique; on ajoute alors au sang étendu de l'eau distillée jusqu'à ce que la teinte du sang soit identique à celle de la solution titrée de la première cuve. Un centimètre cube de sang étendu contiendra la même quantité d'hémoglobine que 1 centimètre cube de la solution titrée; on connaît la quantité d'eau distillée ajoutée au sang; une simple proportion donnera la quantité d'hémoglobine contenue dans 1 centimètre cube de sang pur. — c) *D. spectroscopique de Preyer.* On détermine, une fois pour toutes, avec une solution titrée d'hémoglobine, la proportion d'hémoglobine nécessaire pour que la teinte verte apparaisse dans la région de la raie *b* du spectre. Soit k cette quantité pour 100 centimètres cubes de solution. On défibrine le sang et on l'agite avec l'air; on en mesure 1/2 centimètre cube auquel on ajoute de suite son volume d'eau pour dissoudre les globules; on place le sang dans une cuve hématinométrique, sous la même épaisseur que la solution-type, et on ajoute de l'eau distillée jusqu'à ce que la teinte verte apparaisse. Soit p le poids d'eau distillée ajouté, le poids de l'hémoglobine pour 100 centimètres cubes sera $= k(1+2p)$. On ne doit jamais faire varier l'écartement de la fente du spectroscope, l'intensité de la source lumineuse, l'épaisseur de la cuve et sa distance au spectroscope. — d) *D. par la quantité d'oxygène.* Quinquaud a proposé de doser l'hémoglobine en dosant l'oxygène que le sang abandonne après avoir été agité à l'air; il admet, ce qui n'est pas démontré, que le sang fixe toujours une quantité d'oxygène proportionnelle à la quantité d'hémoglobine qu'il contient.

---

[1] C'est une petite cuve de verre à lames planes et parallèles, très-commode pour comparer les différences de coloration des liquides.

nique. Le *sang veineux* est rouge foncé, dichroïque; il se coagule moins vite; il contient plus d'acide carbonique et moins d'oxygène.

Le tableau suivant résume les caractères des deux sangs :

		Sang artériel.	Sang veineux.
Couleur		Rouge vermeil; monochroïque.	Rouge foncé; dichroïque.
Coagulation		Plus rapide.	Moins rapide.
Gaz.	Acide carboniq.	50 %.	60 %.
	Oxygène	20 %.	10 %.
	Azote	2 %.	2 %.
Quantité de globules		Plus faible.	Plus grande.
Quantité d'eau		Plus forte.	Moins forte.
Quantité de fibrine		Plus forte.	Moins forte.
Quantité de graisse		Moins forte.	Plus forte.
Quantité de sels		Plus forte.	Moins forte.

Sang des différentes veines. — *a*) Le sang de la *veine jugulaire* contient plus de cholestérine que le sang de la carotide (jugulaire, 1,545; carotide, 0,967, par kilogramme de sang; Flint). — *b*) Le sang de la *veine splénique* contient moins de globules rouges (J. Béclard); les globules sont souvent dentelés, plus clairs, et renferment quelquefois de petits cristaux en forme de bâtonnets; ces cristaux sont souvent libres dans le sang (Gray); le sang de la veine splénique cristallise du reste facilement. Les globules blancs sont plus nombreux (1 pour 70 rouges) et cette proportion peut augmenter jusqu'à 1/4 de globules blancs; on y trouve aussi des cellules à pigment. La fibrine serait diminuée, suivant Lehmann; augmentée, suivant Gray et Funke. Ce sang serait très-riche en cholestérine (Funke, Marcet). — *c*) Le sang de la *veine porte* se coagule plus vite que le sang du cœur droit; le caillot est plus diffluent; il contient moins de fibrine, et cette fibrine, abandonnée à l'air, se liquéfierait au bout de douze heures (J. Béclard). Il renferme plus d'eau, de graisse, de sels et d'hématine que le sang de la veine jugulaire et des veines hépatiques; plus de cholestérine (quelquefois en cristaux) et d'albumine que le sang des veines hépatiques. Les globules de la veine porte paraissent plus riches en graisse que ceux de la veine jugulaire. — *d*) Le sang de la *veine hépatique* renferme plus de globules rouges que le sang de la veine porte; il

lactescent; les aliments féculents accroissent la quantité de sucre. L'inanition augmente la quantité d'eau et de sels et diminue tous les autres principes, y compris l'oxygène du sang. Les globules blancs diminuent rapidement et disparaissent même chez la grenouille (Kölliker). — b) *Digestion.* La digestion augmente tous les principes du sang, à l'exception de l'eau; les globules blancs peuvent doubler et tripler de quantité; l'oxygène du sang artériel diminue; cette diminution atteint son maximum quatre heures après le repas et le sang ne reprend son type normal qu'après sept ou huit heures. — c) L'*exercice musculaire* augmente un peu la quantité d'oxygène du sang artériel et diminue celle de l'acide carbonique; cette augmentation d'oxygène paraît due à la plus grande fréquence des mouvements respiratoires. d) L'*accélération des battements du cœur* a un effet inverse et compense l'augmentation précédente. — e) Dans la *grossesse,* le sang a une coloration plus foncée et une densité plus faible; l'eau est augmentée, ainsi que la fibrine et la caséine (albuminate de soude); cependant vers la fin la quantité d'eau diminue; les globules rouges sont moins abondants; mais dans les derniers mois ils augmentent de nouveau tandis qu'il y a une diminution des globules blancs.

Influence des agents extérieurs. — *Température.* La chaleur diminue la quantité d'oxygène du sang; le froid l'augmente (animaux à sang chaud); cette action est un fait physique d'endosmose; l'endosmose entre deux gaz séparés par une membrane humide est plus rapide lorsque la température s'abaisse.

6° *Rôle physiologique du sang.*

D'une façon générale, le sang joue un double rôle : il est à la fois liquide nourricier (*chair coulante* de Bordeu) et liquide excréteur; il charrie à la fois les matériaux nécessaires à la vie des tissus et les principes de déchet qui en proviennent et doivent être éliminés. Le sang n'arrive pourtant pas à tous les tissus; il en est (cartilages, tissus épidermiques) qui sont privés de vaisseaux; mais ils n'en sont pas moins sous la dépendance indirecte du sang; en effet, ils en reçoivent le plasma qui a traversé les parois des capillaires des organes voisins, et qui, par l'imbibition, arrive de proche en proche jusqu'à eux. Cependant, on peut dire

Le rôle principal des globules rouges paraît être de fixer l'hémoglobine et peut-être de la fabriquer; de là le nom de *glandes flottantes* qui leur a été donné par Henle.

Enfin le sang est le grand distributeur de calorique dans l'organisme; cette chaleur, engendrée ou non dans son sein, par les combinaisons chimiques, il la transporte dans toutes les parties du corps et en régularise la répartition et la perte.

Transfusion du sang. — Cette opération, très-rationnelle, repose sur des bases physiologiques qui sont bien connues aujourd'hui. Le sang d'un animal, injecté dans les vaisseaux d'un animal *de même espèce,* joue le même rôle physiologique que le sang primitif et peut le remplacer. Du sang transfusé peut donc remplacer du sang insuffisant (à la suite d'hémorrhagie) ou vicié. Dans cette transfusion, la plus grande part de revivification revient aux globules oxygénés; la fibrine n'a aucune importance et peut être extraite avant l'injection sans inconvénient. Le sang d'une espèce animale différente n'a plus la même action; il peut encore réveiller l'excitabilité nerveuse et musculaire, mais temporairement, et bientôt les globules rouges se détruisent et par leur décomposition produisent en général des troubles de diverse nature.

Bibliographie. — DENIS : *Mémoire sur le sang*, 1859. — W. PREYER : *Blutkrystalle*, 1871. — MATHIEU et URBAIN : *Des Gaz du sang* (Archives de physiologie, 1871-72). — ESTOR et SAINT-PIERRE : *Analyse des gaz du sang* (Journal de l'Anatomie, 1872). — A. SCHMIDT : *Hematologische Studien*, 1865.

2. — LYMPHE.

Procédés. — On peut se procurer de petites quantités de lymphe pure en incisant les sacs lymphatiques de la grenouille. — Pour se procurer de la lymphe pure en grandes quantités, il faut s'adresser à de grands animaux; on peut mettre à nu les lymphatiques qui accompagnent l'artère carotide et y introduire une canule. (*Pr. de Colin.*) — *Fistule du canal thoracique.* On obtient ainsi la lymphe mélangée au chyle. — Enfin on peut mettre à nu et ouvrir le canal thoracique chez un animal qu'on vient de sacrifier.

La lymphe est un liquide alcalin (moins que le sang), incolore ou opalescent, qui tient en suspension des globules blancs semblables à ceux du sang, et, comme le sang, se coagule après sa sortie des vaisseaux; sa densité est de 1,045.

tion que dans le sang (Wurtz), de l'ammoniaque; des graisses à l'état de glycérides; des acides oléique, palmitique et butyrique; des traces de savons et quelques acides gras volatils, spécialement de l'acide butyrique; de la glycose, qui, d'après quelques auteurs, y existerait toujours, et, d'après Cl. Bernard, ne s'y trouverait que quand l'organisme est saturé de cette substance. On y a constaté la présence de la cholestérine. Les substances minérales sont surtout la potasse et les phosphates dans le caillot, la soude qui prédomine dans le sérum, des carbonates, des sulfates et un peu d'oxyde de fer.

Les *gaz* du sérum consistent presque entièrement en acide carbonique (35 p. 100), une petite quantité d'azote (1,87 p. 100) et des traces d'oxygène (Hammarsten).

3. — DE LA LYMPHE CONSIDÉRÉE DANS SON ENSEMBLE.

Caractères organoleptiques. — La lymphe a une odeur faible, un peu animalisée, caractéristique pour certaines espèces; sa saveur est fade, salée, avec un arrière-goût alcalin.

Coagulation de la lymphe. — La coagulation de la lymphe est un peu plus tardive que celle du sang; elle n'a pas lieu dans les vaisseaux, mais se fait quand la lymphe est exposée à l'air. Le caillot est très-petit par rapport au sérum; son poids représente 40 millièmes de celui de la lymphe; il est blanchâtre, mou, peu rétractile et se colore quelquefois en rouge au bout d'un certain temps, fait nié par Colin pour la lymphe pure et dû probablement à la présence de quelques globules rouges emprisonnés dans le caillot et peut-être aussi à une transformation chimique produite sous l'influence de l'oxygène. (Gubler et Quévenne.)

Quantité de lymphe. — *Procédés d'évaluation.* Fistule du canal thoracique et évaluation de la quantité de lymphe qui s'écoule en un temps donné (procédé très-incertain). On a évalué, sans données bien précises, la quantité de lymphe à $^1/_{12}$ environ du poids du corps; ce qu'il y a de certain, c'est que la quantité de lymphe fournie en vingt-quatre heures peut atteindre un chiffre considérable; Colin, sur le cheval, a obtenu jusqu'à

travers la membrane des capillaires sanguins, le plasma du sang perd environ la moitié de son albumine et les deux tiers de sa fibrine; les autres principes et en particulier les sels passent à peu près en même proportion :

	Pour 1,000 parties.		
	Plasma sanguin.	Plasma lymphatique.	Plasma du chyle.
Eau	901,50	957,61	958,50
Fibrine	8,06	2,18	1,27
Albumine	81,92	32,02	30,85
Sels	8,51	7,36	7,55
Chlorure de sodium	5,546	5,65	5,95
Soude	1,532	1,30	1,17

Variations de la lymphe. — La lymphe n'a pas la même composition dans les divers points du système lymphatique. Avant les ganglions lymphatiques, la lymphe est très-pauvre en globules et en fibrine; dans le canal thoracique, elle contient un assez grand nombre de globules rouges, probablement par reflux sanguin. La quantité de graisse est surtout très-variable; elle peut monter jusqu'à 30 et plus pour 1,000.

3. — CHYLE.

Procédés. — Pour voir les chylifères gorgés de chyle, il suffit d'ouvrir un animal en pleine digestion et d'examiner le mésentère; les chylifères apparaissent sous forme de traînées blanches. (Découverte des chylifères, par Gaspard Aselli, en 1622.) — *Procédé de Colin* (*fig.* 18, page 113). On introduit une canule dans un des gros chylifères qui accompagnent l'artère mésentérique du bœuf. — Ouvrir le réservoir de Pecquet sur un animal en pleine digestion.

Hors l'état de digestion, le liquide des chylifères est tout à fait identique à la lymphe; ce n'est que pendant la digestion qu'il se présente sous un aspect particulier. C'est un liquide faiblement alcalin, laiteux ou opalin, coloré quelquefois d'une légère teinte jaunâtre ou jaune verdâtre, d'une consistance variable, mais ordinairement fluide et d'un poids spécifique de 1,020 environ. Son odeur et sa saveur sont les mêmes que celles de la lymphe. Comme elle, il se coagule après sa sortie des

Le chyle contient les mêmes éléments anatomiques que la lymphe, et de plus, d'innombrables granulations moléculaires excessivement fines, qui ne sont autre chose que des granulations graisseuses entourées d'une membrane albuminoïde.

La quantité de chyle ne peut guère être évaluée d'une façon précise. On a bien cherché à la déterminer par la quantité de graisse absorbée dans l'intestin, en admettant que toute la graisse absorbée passait dans les chylifères; la proportion de graisse dans le chyle est de 3 p.100 environ; la quantité de graisse ingérée dans l'alimentation est d'à peu près 90 grammes par jour; la quantité de chyle produite en 24 heures serait de 3 kilogrammes (Vierordt); ces données sont trop incertaines pour y attacher grande importance.

La composition chimique du chyle se rapproche beaucoup de celle de la lymphe (voir: *Analyse de la lymphe*); seulement il est plus riche en matières solides [1] et surtout en graisses, qui varient du reste suivant l'alimentation; outre des graisses neutres, on y rencontre de petites quantités de savons. L'existence de traces de peptones, annoncée par Kühne, n'a pas été confirmée par les autres observateurs. Parmi les matières organiques, la présence de la glycose a donné lieu à de nombreuses discussions; suivant les uns, elle y existerait toujours, quel que soit le mode d'alimentation; suivant d'autres, elle ne se rencontrerait que dans le cas d'alimentation féculente et sa proportion serait exactement en rapport avec la quantité de cette alimentation. L'urée n'a été trouvée que dans le chyle du canal thoracique.

Owen Rees donne les chiffres suivants pour le chyle pris dans le canal thoracique d'un décapité :

Eau	90,48 %	Extrait alcoolique . . .	0,52 %
Albumine et fibrine . .	7,08	Graisse	0,92
Extrait aqueux	0,56	Sels	0,44

Les variations de composition du chyle ont été peu étudiées et leur étude a donné des résultats contradictoires. Chez l'animal à jeun, Tiedemann et Gmelin l'ont trouvé plus pauvre en eau, plus riche en parties solides, fibrine, albuminoïdes et globules. Ce qu'il y a de certain, c'est que la proportion de graisse du chyle augmente par l'alimentation.

[1] C. Schmidt est pourtant arrivé à un résultat différent.

du sucre de lait, de l'acide lactique (?), de la glycose, qui disparaît quand le sucre apparaît dans le foie (Cl. Bernard), et des sels (chlorure de sodium, carbonates alcalins et traces de phosphates et de sulfates).

Voici, comme spécimen de composition des sérosités, la moyenne de deux analyses de Gorup-Besanez de la sérosité péricardique de deux suppliciés :

Eau	958,98
Albumine.	23,15
Fibrine.	0,81
Matières extractives. . . .	10,45
Sels	7,00

Article troisième. — Sécrétions salines et extractives.

1. — URINE.

L'urine est sécrétée par les reins; à l'état normal, c'est un liquide clair, transparent, de couleur jaune pâle ou jaune ambré, d'une odeur caractéristique, d'une saveur amère et un peu salée. Sa densité est de 1,005 à 1,030; sa réaction est acide. Sa quantité, très-variable du reste, est d'environ 1,275 centimètres cubes par jour en moyenne, soit 0,40 centimètres cubes par kilogramme de poids du corps. Elle ne contient pas d'éléments anatomiques, sauf accidentellement quelques lamelles épithéliales provenant des voies urinaires.

Caractères chimiques de l'urine. — L'urine possède en moyenne, pour 1,000 parties, 960 parties d'eau et 40 parties de principes solides en dissolution dans l'eau. Ces principes solides peuvent être divisés en quatre groupes; ce sont : 1° des principes azotés qui proviennent de la désassimilation des substances albuminoïdes ou de leurs dérivés; 2° des principes non azotés; 3° des matières colorantes; 4° des sels minéraux. Elle ne contient pas d'albumine. Enfin, des gaz sont tenus en dissolution dans l'urine.

1° Les *principes azotés*, qui constituent la partie la plus importante de l'urine tant au point de vue chimique qu'au point de

gaz pour 100; ces gaz sont surtout de l'acide carbonique (13 p. 100), une petite quantité d'azote (1 p. 100) et des traces d'oxygène. Le coefficient d'absorption de l'urine pour ces gaz est à peu près le même que celui de l'eau.

La réaction acide de l'urine est due principalement à l'acide urique et au phosphate de soude; elle correspond à 1gr,5 de soude.

Les dépôts qui se forment dans l'urine ou *sédiments urinaires* sont plutôt du ressort de la pathologie; ils consistent principalement en acide urique, urates de soude et d'ammoniaque, oxalate de chaux et phosphate ammoniaco-magnésien.

Analyse de l'urine. — L'analyse de l'urine comprend les opérations suivantes :

1° On essaye la réaction de l'urine; on détermine le degré d'acidité à l'aide d'une liqueur titrée de soude.

2° On dose les matières inorganiques en évaporant une quantité donnée d'urine et en incinérant le résidu avec précaution.

3° Les matières organiques sont dosées par la différence de poids du résidu de l'évaporation simple et du résidu de l'incinération.

4° On dose les divers principes minéraux par les méthodes ordinaires.

5° *Dosage de l'urée.* — a) *Procédé de Liebig.* On emploie une liqueur titrée d'azotate mercurique; on reconnait que toute l'urée est précipitée quand l'addition du réactif indicateur, carbonate de sodium, produit une coloration jaune. — b) *Pr. de Lecomte.* On décompose l'urée par l'hypochlorite de sodium en acide carbonique et azote, et on mesure l'azote produit. — c) *Pr. d'Yvon.* Le principe est le même, mais on emploie l'hypobromite de sodium. Esbach a simplifié ce procédé et l'a rendu plus pratique. (*Bull. de thérapeutique,* 1874.) — d) *Pr. de Millon.* On décompose l'urée par l'acide azoteux en acide carbonique et azote, et on mesure l'acide carbonique; Gréhant se sert de la pompe à mercure pour recueillir les gaz. — e) *Pr. de Bunsen.* On transforme l'urée en carbonate d'ammonium en la chauffant dans un tube scellé, et on dose le carbonate à l'état de carbonate de baryum.

6° *Dosage de l'acide urique.* — On précipite l'acide urique par l'acide chlorhydrique et on pèse le précipité obtenu.

7° La créatinine est dosée par la précipitation par le chlorure de zinc.

8° Les autres matières non dosées (sels ammoniacaux, acide libre, matières colorantes, etc.) sont dosées par différence.

9° On dose l'azote des matières azotées en calcinant l'urine avec de la chaux sodée; l'azote se dégage à l'état d'ammoniaque, qu'on dose par le procédé volumétrique avec l'acide sulfurique titré. Ce procédé paraît peu exact; le chiffre d'azote obtenu est trop faible.

phosphates et oxalates terreux, de l'urate d'ammoniaque et du phosphate ammoniaco-magnésien (*fig.* 19).



Fig. 19. — Phosphate ammoniaco-magnésien.

2° *Variations des divers principes de l'urine.* — a) *Urée.* La quantité d'urée excrétée diminue de l'enfance à la vieillesse; ainsi, pour 1 kilogramme de poids du corps, on trouve en vingt-quatre heures les chiffres suivants (Uhle) :

Enfant de 3 à 6 ans.	1gr,00
— de 8 à 11 ans.	0gr,8
— de 13 à 16 ans.	0gr,4 à 0gr,6
Adulte.	0gr,5

L'homme en sécréterait plus que la femme. L'urée augmente par un régime azoté, diminue par une alimentation végétale; mais elle ne tombe jamais à 0, et on en retrouve encore dans les urines après vingt jours d'inanition. C'est probablement à l'influence de l'alimentation qu'il faut rapporter les variations journalières de l'urée; le minimum se rencontre pendant la nuit, le maximum cinq heures après le repas. L'exercice musculaire, le travail cérébral augmentent la proportion d'urée; le même effet est produit par l'ingestion d'eau, de chlorure de sodium, de substances azotées (urée, acide urique, glycocolle, guanine, etc.). Elle diminuerait au contraire par l'usage de l'essence de térébenthine, de l'éther, de la digitale, de l'acide arsénieux, du tabac. Le thé et le café seraient sans action (Hammond) (1). — b) *Acide urique.* L'âge et le sexe paraissent avoir peu d'influence sur la

(1) Cependant E. Roux a constaté récemment une augmentation d'urée par l'usage du café.

d'urine, surtout d'urée et de sels, que l'adulte. Le tableau suivant donne, en grammes, les quantités d'urine et principes constituants chez l'enfant et chez l'adulte (Mosler) :

	En 24 heures.		Pour 1 kilogramme de poids du corps.	
	Enfant.	Adulte.	Enfant.	Adulte.
Quantité d'urine	1,526,0	1,875,0	78,00	40,00
Urée	18,8	36,2	0,95	0,75
Chlorure de sodium	8,6	15,6	0,44	0,32
Acide sulfurique	1,0	2,6	0,06	0,05
Acide phosphorique	3,0	4,9	0,16	0,08

Chez le vieillard, la quantité d'urine et surtout de principes solides diminue; d'après V. Bibra, les matières extractives augmenteraient notablement. — b) *Sexe*. Chez la femme, la quantité d'acide, ainsi que la proportion des matières solides (urée et sels), est plus faible que chez l'homme.

4° *Variations fonctionnelles*. — a) *Alimentation*. Les boissons augmentent non-seulement la quantité d'eau de l'urine, mais aussi la quantité des sels, sans augmenter dans la même proportion le chiffre de l'urée et de l'acide urique, d'où diminution relative de ces deux principes. Une alimentation animale rend l'urine acide, et augmente la quantité d'urée, d'acide urique, de sulfates, de phosphates et de chlorures; l'alimentation végétale rend l'urine alcaline (urine des herbivores); sous son influence, on constate un accroissement de l'acide hippurique, de l'acide oxalique, des carbonates, de la potasse, de la soude et de la glycose (alimentation féculente). L'inanition rend l'urine des herbivores acide, et l'acide hippurique y est remplacé par l'acide urique. — b) *Digestion*. L'urine émise trois heures environ après le repas (urine de la digestion ou du chyle) est dense, colorée, moins abondante, et elle présente déjà les variations de quantité des divers principes, suivant la nature de l'alimentation, variations qui ont été étudiées plus haut. — c) *Sueur*. Il y a une sorte de balancement entre la sécrétion de la sueur et la sécrétion urinaire : quand l'une augmente, l'autre diminue; mais ce balancement ne s'exerce que dans des limites assez restreintes et porte surtout sur la quantité d'eau. — *d*) *L'exercice musculaire* accroît la proportion d'urée dans l'urine, et, ce qui est plus douteux, diminuerait la proportion d'acide urique; le chlorure de sodium, les sulfates, les phosphates, éprouveraient aussi une augmentation. — *e*) L'influence

L'acide urique présenterait deux maxima, l'un de sept à huit heures du matin, l'autre de une à cinq heures de l'après-midi (Schweig).. Les sulfates atteindraient leur maximum six heures après le repas; les phosphates font une exception remarquable : leur maximum tombe vers le soir, entre sept et onze heures (Mosler). — b) *Température.* L'élévation de la température extérieure diminue la quantité d'urine, qui devient plus concentrée; les quantités d'urée, de chlorure de sodium et des autres principes subissent aussi une diminution, à l'exception des phosphates et des sulfates. — c) *Passage de substances dans l'urine.* La plupart des substances minérales se retrouvent dans l'urine dans le même état; cependant il n'en est pas toujours ainsi; l'iode libre s'y retrouve à l'état d'iodure; le sulfate de potassium à l'état de sulfate de potasse; le cyanure rouge à l'état de ferrocyanure jaune de potassium. Parmi les matières organiques, celles qui sont facilement oxydables ne passent dans l'urine qu'après avoir été décomposées; ainsi les sels neutres organiques à base alcaline apparaissent dans l'urine sous forme de carbonates alcalins; l'acide tannique donne de l'acide gallique; l'acide benzoïque, l'essence d'amandes amères, donnent de l'acide hippurique, etc. (Wœhler). La plupart des matières colorantes et odorantes passent dans les urines, sauf le tournesol, le carmin et la chlorophylle; le musc et le camphre n'y passent pas non plus. (Voir, pour plus de détails, les traités de thérapeutique et de toxicologie.)

6° *Physiologie comparée.* — *a*) L'urine des *herbivores* est trouble, jaunâtre, très-alcaline; elle contient de l'acide hippurique, des carbonates alcalins et terreux, très-peu de phosphates et pas d'acide urique ordinairement. L'inanition la rend acide; il en est de même pendant la période de l'allaitement. — *b*) L'urine des *carnivores* est acide et ressemble à l'urine humaine. — *c*) L'urine du *chien* est très-fortement acide et contient un acide particulier, acide *cyanurénique* qui précipite avec l'acide urique par l'acide chlorhydrique. L'acide azotique y produit souvent une coloration analogue à la réaction de Gmelin; cependant elle n'est pas due à la présence de la bile. — *d*) L'urine du *lapin* a les caractères de l'urine des herbivores; elle se trouble par l'ébullition et contient quelquefois une substance qui réduit la liqueur de Barreswill. — *e*) L'urine du *cheval* est trouble, très-alcaline et se fonce rapidement à l'air; par la concentration, elle abandonne des cristaux d'hippurate de chaux. — *f*) L'urine des

trouvée dans la sueur paraît provenir de la décomposition des matières azotées. Quant à l'acide sudorique admis par Favre, son existence est encore douteuse. Les principes *non azotés* consistent en acides gras volatils (formique, acétique, butyrique, propionique, caproïque, etc.) qui donnent à la sueur, surtout dans certaines régions, une odeur caractéristique; on y trouve en outre de l'acide lactique (?), de la cholestérine et des graisses neutres qui proviennent en partie des glandes sébacées. On y a signalé la présence de *matières colorantes* indéterminées. Les substances *minérales* sont, en première ligne, le chlorure de sodium, puis le chlorure de potassium, des phosphates et des sulfates alcalins, des phosphates terreux et des traces de fer. La sueur contient en outre de l'acide carbonique libre.

Le tableau suivant donne les analyses de la sueur par Favre, Schottin et Funke :

Pour 1,000 parties.	FAVRE.	SCHOTTIN.	FUNKE.
Eau	995,573	977,40	988,40
Matières solides	4,427	22,60	11,60
Épithélium	—	4,20	2,49
Graisse	0,013	—	—
Lactates	0,317	—	—
Sudorates	1,562	—	—
Matières extractives	0,005	11,30	—
Urée	0,044	—	1,55
Chlorure de sodium	2,230	3,60	—
Chlorure de potassium	0,024	—	—
Phosphate de soude	Traces.	1,31	—
Sulfates alcalins	0,011		—
Phosphates terreux	Traces.	0,39	—
Sels en général	—	7,00	4,36

On voit, en comparant ces analyses à celle de l'urine, qu'il y a une assez grande différence de composition, quantitativement surtout, entre la sueur et l'urine.

Variations de la sueur. — a) *Variations locales.* La sueur de certaines régions a une odeur spéciale, caractéristique (aisselle, pieds); elle devient aussi plus facilement alcaline, mais fraîche, elle est toujours acide. La sueur des pieds contient plus de principes fixes et de potasse spécialement que celle des bras.—

3. — LARMES.

Les larmes sont sécrétées par la glande lacrymale. Elles constituent un liquide incolore, d'une saveur salée, de réaction alcaline. Elles contiennent environ 10 p. 1,000 de principes solides, qui consistent en un peu de mucus ou d'albumine (*dacryoline*), précipitable par la chaleur, des traces de graisse et des sels minéraux. Ces derniers sont presque exclusivement formés par du chlorure de sodium et par une très-petite proportion de phosphates alcalins et terreux. L'analyse suivante donne, d'après Lerch, la composition des larmes :

Eau	982,00
Albumine et traces de mucus	5,00
Chlorure de sodium	13,00
Autres sels minéraux	0,20
	1,000,20

4. — BILE.

Procédés pour recueillir la bile. — La bile peut être recueillie dans la vésicule biliaire après la mort de l'homme (suppliciés) ou de l'animal. Mais pour avoir la bile tout à fait pure, il faut la recueillir pendant la vie, immédiatement après sa sortie du canal hépatique et sans lui laisser le temps de séjourner dans la vésicule. C'est dans ce but qu'on pratique des fistules biliaires artificielles (Schwann). — *Procédés opératoires.* 1° *Chez le chien.* — L'animal doit être à jeun ; on incise l'abdomen ; on place deux ligatures sur le canal cholédoque, l'une après son abouchement avec le canal cystique, l'autre près de l'intestin, et l'on incise la partie intermédiaire pour éviter le rétablissement du canal. On fixe ensuite le fond de la vésicule biliaire à la paroi abdominale, afin que les adhérences s'établissent ; on incise alors le fond de la vésicule et on place une canule pour recueillir la bile qui s'écoule. Les chiens peuvent survivre très-longtemps à l'opération. Le procédé est à peu près le même chez le chat, le lapin, le cabiai, le porc, le mouton, etc. ; mais ces animaux survivent plus difficilement ; les cabiais meurent en général au bout de vingt-quatre heures. — 2° Chez le *cheval*, qui n'a pas de vésicule biliaire, il faut placer directement la canule dans le canal cholédoque ou dans le canal hépatique (Colin). Du reste, on peut aussi, chez les autres animaux, placer la canule dans le canal cholédoque au lieu de la placer dans la vésicule biliaire incisée. — 3° *Fistules amphiboles du canal cholédoque.* — On fait une fistule duodénale et on passe par le duodénum, dans le canal cholédoque, une canule pourvue de deux ouvertures, une ouverture terminale qui déverse la bile à l'extérieur et

Composition chimique de la bile. — La bile possède en moyenne, pour 1,000 parties, 862 parties d'eau et 138 de principes solides qui consistent surtout en acides biliaires (82 p. 1,000), cholestérine (26 p. 1,000), matière colorante (22 p. 1,000) et sels (8 p. 1,000). La bile renferme en outre des gaz.

1° *Acides biliaires.* — Si on évapore la bile, il reste un résidu solide, soluble dans l'alcool absolu, et donnant par l'éther un précipité résineux (résine biliaire) qui cristallise peu à peu. Pour avoir ces cristaux tout à fait purs (bile cristallisée), on évapore la bile au quart de son volume, on ajoute un excès de charbon animal qui enlève la matière colorante; on dessèche cette bouillie noire à 100°, et on la traite par l'alcool absolu. L'éther donne alors un précipité cristallisé d'aiguilles soyeuses, très-soluble dans l'eau et d'une saveur fortement amère; chauffée faiblement avec l'acide sulfurique concentré, cette bile cristallisée devient résineuse et se dissout en donnant un liquide fluorescent jaune et vert. Elle présente la réaction de Pettenkofer. Les solutions de bile cristallisée précipitent par l'acétate de plomb neutre et l'acétate de plomb basique; ces précipités sont les sels de plomb des acides biliaires.

Les deux acides biliaires sont l'acide glycocholique et l'acide taurocholique, tous deux azotés; ils sont unis à la soude.

L'acide glycocholique se rencontre en très-petite quantité dans la bile humaine et manque tout à fait dans celle des carnivores; il est très-abondant, au contraire, dans celle des herbivores. On l'obtient en précipitant une solution aqueuse de bile cristallisée par l'acide sulfurique étendu.

L'acide taurocholique contient du soufre; il se trouve surtout dans la bile des carnivores et constitue la plus grande partie des acides biliaires chez l'homme. A l'état frais, la bile ne contient aucun des dérivés de ces deux acides (acide cholalique, glycocolle, taurine).

On a constaté dans la bile la présence d'autres matières azotées, mais en très-faible quantité : lécithine, neurine, urée (bile de bœuf); d'après Cyon, l'urée se formerait dans le sang auquel on fait traverser artificiellement le foie.

2° *Matières colorantes.* — Les matières colorantes de la bile fraîche sont la bilirubine et la biliverdine. La bilirubine s'extrait de la bile fraîche un peu acidulée en l'agitant avec du chloroforme; le liquide inférieur se colore en jaune, tandis que le

3° On dose les matières minérales en calcinant le résidu de l'é
ration. La différence donne le poids des matières organiques.

4° On dose les acides biliaires en évaporant une certaine quant
bile; le résidu est repris par l'alcool très-fort, évaporé au quart e
cipité par l'éther; le précipité est desséché et pesé.

5° L'acide taurocholique est dosé par la quantité de soufre
contient. La différence entre le poids de taurocholate et le poi
deux sels donne le poids du glycocolate.

6° Pour doser la graisse et la cholestérine, on évapore à sicc
solution éthérée; on dissout les sels par des lavages à l'eau, et on
le résidu desséché.

7° Pour doser séparément la cholestérine, on fait bouillir l'e
éthéré avec une solution alcoolique de soude, qui s'empare des
gras; on chasse l'excès d'alcool par l'ébullition, et on repren
l'éther; l'évaporation donne le poids de la cholestérine. La diffé
des deux poids donne le poids des matières grasses. (Voir, pour p
détails: Ritter, *Manuel de chimie pratique.*)

Le tableau suivant représente la moyenne de plusieurs
lyses de bile humaine, par Frerichs et Gorup-Besanez:

Eau	862	p. 1,000
Parties solides	138	—
Sels d'acides biliaires	82	—
Matière colorante	22	—
Cholestérine	26	—
Sels minéraux	8	—

D'après Flint, la quantité de cholestérine serait seulemen
16 p. 1,000.

Les cendres de la bile de la vésicule, chez le bœuf, ont d
les chiffres suivants, pour 100 parties :

Soude	36,73	p. 100
Chlorure de sodium	27,70	—
Acide carbonique	11,26	—
Acide phosphorique	10,45	—
Acide sulfurique	6,39	—
Potasse	4,80	—
Chaux	1,43	—
Magnésie	0,53	—
Silice	0,36	—
Oxyde de fer	0,23	—
Oxyde de manganèse	0,12	—

amène des modifications correspondantes dans la sécrétio biliaire. Elle augmente par l'injection de sang dans les veines elle diminue par la saignée, la compression de l'aorte. L'influenc des deux vaisseaux qui se rendent au foie, veine porte et artèr hépatique, est plus difficile à préciser. Oré a vu la sécrétio biliaire continuer après l'oblitération de la veine porte; mais l procédé d'oblitération est assez lent et la circulation collatérale le temps de s'établir. Moos l'a vue aussi continuer; mais la bil était plus épaisse et moins aqueuse qu'auparavant. L'oblitératio rapide de la veine porte produit au contraire un arrêt de l sécrétion biliaire (Schiff), et la mort arrive dans ce cas très-rapi dement avec des symptômes d'assoupissement et de coma. Le mêmes contradictions existent pour l'artère hépatique. Kottmeie a constaté chez des lapins l'arrêt de la sécrétion par la ligatur de l'artère; par contre, Schiff, sur des chats, l'a vue continue sans diminution de quantité, malgré l'interruption de la circula tion artérielle par la ligature du tronc cœliaque et de la diaphrag matique inférieure. Il est probable que les deux sangs y prennen part; car la sécrétion biliaire continue sur un foie de lapin qu'o vient de tuer et dans lequel on fait passer un courant de san défibriné (Ludwig et Schmulewitsch). Il est vrai que, dans cett expérience, la bile sécrétée pourrait provenir simplement de l bile qui restait dans les canalicules et qui aurait été chassée pa la pression du liquide injecté. — c) *Innervation.* On sait peu d chose de l'influence de l'innervation sur la sécrétion biliaire. L section des nerfs pneumogastriques au cou la diminue (Heiden hain), probablement par action indirecte (stase sanguine par suit du changement d'activité du cœur ou des modifications de la res piration). Au-dessous du diaphragme, leur section ou leur excita tion reste sans effet. Pflüger a vu la sécrétion biliaire continue après la section de tous les nerfs du foie.

3° *Passage de substances dans la bile.* — Le plomb, l'arseni l'antimoine, le cuivre, l'iodure de potassium, se retrouvent dan la bile; le calomel, l'acide benzoïque, la quinine, n'y passent pa Le sucre de raisin et le sucre de canne injectés dans le san passent dans la bile; une injection d'eau, qui rend les urin albumineuses, fait paraître aussi l'albumine dans la bile.

4° *Physiologie comparée.* — La bile de *chien* ne renferm guère que du taurocholate de soude avec les autres princip ordinaires. La bile de *bœuf* contient les deux acides biliair

serait à la fois acide et alcalin; il bleuit le papier de tournesol rouge, et rougit le papier bleu; il aurait ce qu'on appelle la réaction *amphotère*; l'acidité peut tenir soit au phosphate acide de soude, soit à l'acide lactique. Le lait contient en suspension des globules graisseux, globules du lait, qui lui donnent son opacité et constituent par conséquent une véritable émulsion. La quantité de lait sécrétée par jour est très-variable; d'après Lampérierre, elle serait en moyenne de 1,350 grammes, c'est-à-dire environ 22 grammes par kilogramme de poids du corps. Cette sécrétion commence à la fin de la grossesse et dure environ sept à dix mois (période de la lactation). Le lait sécrété pendant la grossesse et les premiers jours après l'accouchement a reçu le nom de *colostrum*.

Composition du lait. — Le lait possède en moyenne 110 à 130 parties de principes solides pour 1,000. Ces principes solides consistent en matières azotées, matières grasses, sucre de lait et sels minéraux; le lait contient en outre des gaz.

1° La plus importante des matières *azotées* est la caséine; c'est elle qui donne cette pellicule qui se forme sur le lait par l'ébullition et qui se précipite dans la coagulation du lait, soit spontanée, soit par les acides. On y rencontre en outre une petite quantité de substance albuminoïde, lactoprotéine de Millon et Commaille. Béchamp a trouvé dans le lait trois substances albuminoïdes distinctes. Le lait contient environ 28 pour 1,000 de caséine.

2° Les matières *grasses* forment les 35 millièmes du lait, dont elles constituent la crème et le beurre, et consistent en palmitine, stéarine et oléine, avec quelques traces de glycérides d'acides gras volatils. Cette graisse se trouve dans le lait sous forme de globules. Les *globules du lait* sont sphériques, fortement réfringents, d'une grosseur variant depuis une petitesse incommensurable jusqu'à un diamètre de $0^{mm},025$; leur densité est moindre que celle du lait; la densité des gros globules est plus faible que celle des petits; aussi montent-ils les premiers à la surface (crème). Les globules sont constitués par une gouttelette de graisse entourée d'une membrane albuminoïde (caséine ou reste du protoplasma des cellules glandulaires). Aussi, si l'on agite du lait avec l'éther, la présence d'une membrane d'enveloppe s'oppose à ce que l'éther dissolve la matière grasse, et le lait conserve son aspect d'émulsion; mais si on traite auparavant le lait par la

2° L'eau est dosée par l'évaporation d'une quantité donnée de lait et pesée du résidu.

3° La matière grasse peut être dosée par différents procédés. — *a*) On peut mesurer dans une éprouvette graduée ou *crémomètre* la hauteur de la couche de crème qui se forme spontanément après l'addition d'une petite quantité de carbonate acide de sodium. — *b*) Dans le procédé de E. Marchand, par le *lactobutyromètre*, on extrait le beurre à l'aide d'un mélange d'alcool et d'éther. — *c*) Le procédé de Donné (lactoscope), perfectionné par A. Vogel, est basé sur l'appréciation de l'opacité du lait et la diminution d'opacité qu'il éprouve par l'addition d'une quantité donnée d'eau. — *d*) Pour la doser exactement, on reprend par l'éther le résidu de l'évaporation dans l'opération précédente (2°), et l'évaporation de l'éther donne le poids de la matière grasse.

4° Le sucre de lait est dosé par la liqueur de Barreswill ou par le polarimètre.

5° Les substances minérales sont dosées par l'incinération d'un poids connu de lait.

6° La caséine est dosée par différence. (Pour les détails, voir les traités de chimie.)

Voici des analyses comparatives du lait de femme et du colostrum, par différents auteurs :

Pour 1,000 parties.	LAIT.		COLOSTRUM (Clemm).	
	Fr. Simon.	Becquerel et Vernois.	9 jours avant terme.	2 jours après la naissance.
Eau	883,6	889,08	858,00	867,00
Parties solides	116,4	110,92	142,00	133,00
Caséine	34,3	39,24	—	21,82
Albumine	—	—	80,00	Traces.
Beurre	25,3	26,66	30,00	48,68
Sucre de lait	48,2	43,64	43,00	60,99
Sels minéraux	2,3	1,38	5,40	Non déterminés.

L'analyse des cendres par Wildenstein donne, pour 100 parties :

Chlorure de sodium	10,73
Chlorure de potassium	26,33
Potasse	21,44
Chaux	18,78
Magnésie	0,87
Acide phosphorique	19,00
Acide sulfurique (¹)	2,64

(¹) Cet acide sulfurique provient du soufre des matières albuminoïdes.

et une augmentation du sucre de lait; la quantité de beurre serait plus forte de 15 à 20 ans et diminuerait ensuite. — b) *Constitution*. Les recherches sont encore trop peu nombreuses sur ce sujet et elles se contredisent sur plusieurs points; Lhéritier a trouvé le lait des brunes plus riche en principes solides, graisse, beurre et sucre; mais Becquerel et Vernois n'ont pas retrouvé ces différences. — c) *Race*. Le lait des animaux de race pure paraît plus abondant. Il semble y avoir aussi à ce point de vue une sorte d'antagonisme entre les divers principes du lait; les laits riches en caséine sont pauvres en beurre, et inversement; le même antagonisme se retrouve souvent dans le lait de femme.

3° *Variations fonctionnelles*. — a) *Alimentation*. Une nourriture substantielle augmente la quantité de lait; les boissons ont le même effet. Une nourriture exclusivement animale augmente la proportion de graisse du lait, un peu celle de la caséine, et diminue celle du sucre, sans cependant l'abaisser autant qu'on le croyait (Subotin). Une nourriture végétale diminue sa quantité, fait baisser la caséine et le beurre et accroît la proportion de sucre de lait: une alimentation très-riche en graisse n'augmente pas la quantité de beurre et, si elle est portée trop loin, elle diminue et peut même supprimer tout à fait la sécrétion lactée. — b) *Époque de la sécrétion*. Au début de la période de la lactation, le lait a des caractères particuliers et a reçu le nom de *colostrum*. Le colostrum est très-alcalin, d'une coloration jaune, puis blanchâtre (le quatrième jour); il renferme de l'albumine qui se coagule par la chaleur, très-peu de caséine, un excès de beurre et de sucre; il contient, outre quelques globules graisseux, des éléments particuliers, *globules de colostrum*, de 0mm,013 à 0mm,04 de diamètre, formés par des globules de graisse enfermés dans une enveloppe et qui proviennent des cellules glandulaires. Quelques jours après l'accouchement, le lait acquiert ses propriétés normales; les globules du colostrum disparaissent dans les huit premiers jours. Le lait n'a pas du reste la même composition pendant toute la période de la lactation; la caséine et le beurre augmentent jusqu'au deuxième mois et diminuent, la première à partir du dixième mois, le second à partir du cinquième ou du sixième; le sucre diminue dans le premier mois et augmente à partir du huitième; enfin les sels augmentent dans les cinq premiers mois et diminuent ensuite progressivement. Le

Si on range ces différents laits d'après leur richesse on a le tableau suivant :

Eau.		Albuminates.		Beurre.		Sucre de lait et sels.	
Jument..	828,37	Jument..	16,41	Anesse..	12,56	Femme..	45,02
Brebis..	839,89	Anesse..	20,18	Femme..	26,66	Vache...	45,85
Vache...	857,05	Femme..	39,24	Vache...	43,05	Chèvre..	46,26
Chèvre..	863,58	Chèvre..	46,59	Chèvre..	43,57	Brebis..	47,79
Femme..	889,08	Brebis..	53,42	Brebis..	58,90	Anesse..	57,02
Anesse..	910,24	Vache...	54,04	Jument..	68,72	Jument..	86,50

Rôle physiologique du lait. — Le lait constitue la seule nourriture du nouveau-né et ne peut être complétement remplacé par aucun aliment. Il contient toutes les substances nécessaires à la constitution, à la réparation des tissus et à l'activité vitale, albuminates, hydrocarbonés, graisses et sels minéraux, et il les contient en proportions différentes de celles qui seraient nécessaires à l'alimentation d'un adulte ; il y a surtout à remarquer la grande quantité de graisses et de phosphates terreux.

Bibliographie. — Bouchardat et Quévenne : *Du Lait*, 1857. — Becquerel et Vernois : *Annales d'hygiène*, t. XLIX et LXIX. — Marchand (Ch.) : *Du Lait et de l'allaitement*. Paris, 1874.

2. — MATIÈRE SÉBACÉE ET CÉRUMEN.

La *matière sébacée* est sécrétée par les glandes du même nom. C'est une matière huileuse, semi-liquide, qui, à l'air, se solidifie en une sorte de masse graisseuse blanche. Au microscope, on y trouve des cellules adipeuses, de la graisse libre, des lamelles épithéliales et quelquefois des cristaux de cholestérine.

La matière sébacée contient de l'eau, une matière albuminoïde analogue à la caséine, de la graisse (30 p. 100) qui consiste surtout en palmitine et oléine, des savons (palmitates et oléates alcalins), de la cholestérine, des sels inorganiques, chlorures et phosphates alcalins, et surtout des phosphates terreux.

Le *cérumen*, sécrété par les glandes cérumineuses du conduit auditif externe, est une substance onctueuse, jaunâtre, amère, constituée principalement par des gouttelettes graisseuses, mélangées à des lamelles épidermiques et à des cellules adipeuses. Il contient chez l'homme, d'après Pétrequin et Chevalier, pour 1,000 parties : eau, 100 ; matières grasses, 260 ; corps solubles dans l'eau, 140 ; corps solubles dans l'alcool, 380 ; corps insolubles, 120.

La sécrétion spermatique ne commence que de 12 à 15 ans; mais le sperme ne contient pas encore de spermatozoïdes. Ceux-ci n'apparaissent qu'à l'âge de 18 à 20 ans (Mantegazza). La sécrétion testiculaire continue jusque dans un âge très-avancé, mais les caractères physiques du sperme sont modifiés : en général sa consistance diminue et il prend une coloration plus foncée, due à la présence de plaques grisâtres (sympexions) qui proviennent des vésicules séminales; cependant les spermatozoïdes existent encore, quoique plus rares, dans le sperme des vieillards (Duplay, Dieu).

Toutes les causes qui excitent l'érection (voir ce mot) augmentent la sécrétion spermatique.

Les différents liquides qui se mélangent au sperme pur présentent les caractères suivants :

Le liquide fourni par les *glandules du canal déférent* est, d'après Robin, peu filant, brunâtre ou gris jaunâtre; il donne au sperme une consistance déjà plus fluide et une coloration brunâtre.

Le liquide des *vésicules séminales* est brunâtre ou grisâtre, quelquefois jaunâtre, plus ou moins opaque, légèrement visqueux; il est riche en albumine. Il contient des cellules épithéliales et des plaques grisâtres (sympexions de Robin).

Le liquide *prostatique* est blanc, laiteux, alcalin et contient 2 p. 100 de matières solides qui consistent surtout en matière albuminoïde et chlorure de sodium.

Le liquide des *glandes de Cowper* est filant, visqueux, alcalin.

D'après Robin, l'odeur spermatique n'existerait dans aucun de ces liquides et ne se développerait qu'au moment de l'éjaculation.

Le sperme est le liquide fécondant; mais le véritable élément fécondant est constitué par les spermatozoïdes auxquels le sperme sert de milieu; il ne fait par conséquent que maintenir leur activité vitale jusqu'au moment de l'éjaculation, et quand cette éjaculation se produit, il les entraîne avec lui et les transporte jusque dans la cavité utérine.

2. — MUCUS.

Le mucus est produit par les cellules épithéliales, spécialement par les cellules épithéliales des membranes muqueuses. Au

2° *Salive sous-maxillaire.* — a) *Homme.* Seringue aspirat Introduction d'une canule dans le conduit excréteur. — b) L'animal est placé sur le dos, la tête renversée; incision sur le bord interne de la mâchoire inférieure; incision du peaucier et du mylo-hyoïdien; on trouve au-dessous l'artère, la veine, le nerf lingual et le canal de Wharton reconnaissable à sa transparence. — c) *Cheval.* Même procédé.

3° *Salive sublinguale.* — a) *Chien.* Même procédé que pour la salive sous-maxillaire. Le conduit sublingual se trouve en dedans du canal de Wharton. — b) *Cheval.* Même procédé. — c) *Bœuf.* Incision dans l'espace intra-maxillaire, en arrière de la surface génienne (Colin).

4° *Salives artificielles.* — Triturer les glandes fraîches avec de l'eau distillée, légèrement phéniquée, et filtrer. Il vaut mieux employer le procédé de V. Wittich qui consiste à traiter le tissu glandulaire par la glycérine; on extrait ainsi complètement les ferments des glandes salivaires.



La salive est sécrétée par trois glandes salivaires paires : parotide, sous-maxillaire et sublinguale; la réunion de ces trois salives avec une petite quantité de liquide provenant des glandes buccales constitue la salive mixte.

1° *Salives partielles.*

1° *Salive parotidienne.* — La salive parotidienne est fluide, à peine filante, limpide et claire comme de l'eau (celle du cheval est quelquefois opalescente). Sa densité oscille entre 1,0031 et 1,0043. Sa réaction est alcaline, mais moins

Fig. 20. — Seringue aspi
(Voir page 145.)

Fig. 20. — *a*, conduit de Sténon venant s'ouvrir à la face interne de la joue. — évasé de la seringue. — *c*, piston. — *d*, tige du piston. — *e*, bouchon troué dans lequ la tige du piston.

sur la langue, cette salive devient très-visqueuse et ne coule que difficilement. On y rencontre alors beaucoup de mucine et des corpuscules salivaires gélatineux (voir : *Salive sympathique*). Elle contient de la ptyaline et du sulfocyanure de potassium.

Comme on ne peut obtenir cette salive en quantité suffisante pour en étudier les caractères, on est obligé d'avoir recours aux animaux. Chez ceux-ci on reconnaît que la salive sous-maxillaire présente des différences, non-seulement d'une espèce à l'autre, mais aussi pour une même espèce, suivant les influences qui ont déterminé la sécrétion.

Chez le chien, quand on place une canule dans le canal de Wharton, on a un écoulement de liquide trouble, blanchâtre, qui s'arrête bientôt, mais reprend si on irrite la muqueuse buccale. Quand on applique sur la langue des acides, la salive est limpide, peu filante; quand ce sont des alcalis, elle est trouble, blanchâtre, visqueuse. Mais ces différences de sécrétion s'accusent bien mieux si on isole et si on excite chacun des nerfs qui se rendent à la glande. La glande sous-maxillaire du chien reçoit trois nerfs (*fig.* 22), une branche de la corde du tympan (*c*) qui

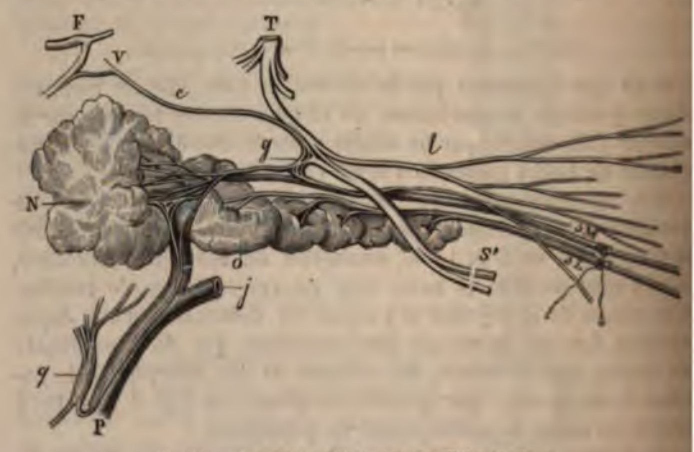


Fig. 22. — Nerfs de la glande sous-maxillaire du chien.

Fig. 22. — N, glande sous-maxillaire. — O, glande sublinguale. — SM, conduit de Wharton avec sa canule. — SL, conduit sublingual avec sa canule. — T, S, S', nerf lingual. — F, nerf facial. — *c*, corde du tympan. — *g*, ganglion sous-maxillaire. — *g*, ganglion cervical supérieur. — P, filet sympathique allant à la glande. — *j*, artère maxillaire profonde. — V, nerf vidien. — *l*, rameau du lingual allant à la muqueuse buccale.

C. Salive du ganglion sous-maxillaire. — Si on coupe le lingual au-dessous de l'anastomose de la corde et le grand sympathique, certains excitants (électricité, éther, etc.), appliqués sur la langue, déterminent un écoulement de salive qui cesse immédiatement si on coupe le lingual entre la glande et le ganglion sous-maxillaire. Les excitants simplement gustatifs ne la produisent pas (Cl. Bernard). Cette salive n'a pas été étudiée. D'après Schiff (*Leçons sur la physiologie de la digestion*, t. I[er], p. 283), il faudrait donner à ces faits, dont il ne nie pas l'exactitude, une tout autre interprétation.

D. Salive paralytique. — Si on coupe tous les nerfs de la glande, on a un écoulement continu de salive un peu trouble, liquide, très-peu concentrée, qui s'arrête quand la dégénérescence, qui fait suite à la section, atteint la périphérie des nerfs. Cette même salivation se produit dans l'empoisonnement par le curare. Cette sécrétion se produit des deux côtés, même quand les nerfs d'une seule glande ont été coupés (Heidenhain); seulement, la salive de la glande intacte se rapproche de la salive de la corde du tympan.

3° *Salive sublinguale.* — La salive sublinguale est transparente, visqueuse et coule en un filet fin non interrompu qui peut aller de l'orifice de la fistule jusqu'à terre. Elle est alcaline et présente une grande quantité de corpuscules salivaires à mouvements amœboïdes. Elle se distingue des autres salives par sa forte proportion de mucine. D'après Heidenhain, elle contiendrait 27,5 p. 1,000 de parties solides (lapin); chez l'homme, le chiffre des principes solides irait jusqu'à 99,8 p. 1,000 (Kühne). On y a constaté la réaction du sulfocyanure de potassium. La glande sublinguale offre aussi le phénomène de la sécrétion paralytique.

4° *Liquide des glandes buccales.* — Ce liquide, qu'on peut obtenir à part en détournant la sécrétion des trois glandes salivaires, est très-visqueux, filant, fortement alcalin, et ressemble beaucoup à celui de la glande sublinguale.

2° *Salive mixte.*

La salive mixte est un composé des quatre espèces de salives qui viennent d'être étudiées, et ses caractères varient suivant la proportion de chacune des salives partielles. A l'état ordinaire,

Composition chimique de la salive mixte. — La salive mixte de l'homme contient environ 5 p. 1,000 de principes solides. Les substances organiques de la salive mixte sont l'albumine, la globuline, de la mucine (en quantités variables), et une substance spéciale à la salive, la *ptyaline* qui a la propriété de transformer l'amidon en sucre. La *ptyaline* ou *diastase salivaire* peut être obtenue par divers procédés de préparation; celui qui donne la ptyaline la plus pure paraît être celui de Cohnheim. On recueille une certaine quantité de salive fraîche en excitant la muqueuse buccale par les vapeurs d'éther; on l'acidifie fortement avec l'acide phosphorique ordinaire et on ajoute de l'eau de chaux jusqu'à réaction alcaline; il se produit un précipité de phosphate de chaux basique qui entraîne mécaniquement toutes les matières albuminoïdes et la ptyaline. On filtre et on traite le résidu par l'eau qui enlève la ptyaline en laissant les substances albuminoïdes sur le filtre. L'eau de lavage, avec l'alcool, donne un précipité floconneux, blanchâtre, qu'on dessèche dans le vide avec de l'acide sulfurique. On obtient ainsi une poudre blanc grisâtre, constituée par de la ptyaline mélangée de phosphates. On l'isole de ces derniers en la dissolvant dans l'eau, précipitant par l'alcool absolu, lavant le précipité à l'alcool étendu, puis avec un peu d'eau et desséchant à une basse température.

La ptyaline ainsi obtenue est une substance azotée; elle est facilement soluble dans l'eau et rentre dans la catégorie des ferments solubles. Elle transforme très-rapidement l'amidon en glycose, et cette propriété persiste, qu'elle soit neutre, faiblement acide (acide chlorhydrique à 0,1 p. 100) ou alcaline; cependant un excès d'alcali ou d'acide la lui enlève; la présence d'une trop forte proportion de sucre (1,5 à 2,5 p. 100) s'oppose à la continuation de la transformation et, pour qu'elle reprenne, il faut étendre la liqueur. En prenant ces précautions, on peut, avec une quantité très-petite de ptyaline, transformer d'énormes quantités d'amidon en sucre. La ptyaline agit donc comme un ferment. La propriété saccharifiante de la ptyaline n'est pas altérée par les autres sucs digestifs, et elle est le seul principe saccharifiant qui existe dans la salive. Elle se rapproche de la diastase de l'orge germée et de l'émulsine des amandes; mais elle s'en distingue en ce que ces substances ont leur maximum d'action à 66°, tandis que la ptyaline se détruit à 60°.

Contrairement à l'opinion de quelques auteurs, la salive du

Pour l'influence du système nerveux sur la salive, voir : *Sécrétions* et *Innervation*.

Physiologie comparée. — La salive sous-maxillaire du *chien* a été étudiée à propos de la salive sous-maxillaire. La salive mixte est visqueuse, filante, limpide, et contient peu de débris épithéliaux et de corpuscules salivaires. — La salive du *cheval* est trouble, gris jaunâtre, peu visqueuse et contient des débris d'épithélium. — La salive sous-maxillaire du *mouton* est peu filante, fortement alcaline. — La salive du *lapin* est claire, jamais filante, alcaline; elle ne contient pas de mucine. — Le sulfocyanure de potassium ne paraît pas exister dans les salives animales.

Voici des analyses comparatives de la salive chez plusieurs animaux :

Pour 1,000 parties.	Cheval.	Vache.	Bélier.	Chien.
Eau	992,00	990,74	989,00	989,63
Mucus et albumine	2,00	0,44	1,00	3,58
Carbonate alcalin	1,08	3,38	3,00	—
Chlorures alcalins	4,92	2,85	6,00	5,82
Phosphates alcalins	Traces.	2,49	1,00	0,82
Phosphates terreux	Traces.	0,10	Traces.	0,15

Les trois premières sont dues à Lassaigne, la dernière à Jacubowitsch.

Rôle physiologique de la salive. — *En dehors de la digestion*, la salive agit en empêchant la sécheresse de la muqueuse buccale, sécheresse qui serait incompatible avec l'intégrité du goût. Par son sulfocyanure de potassium, elle s'oppose peut-être à la décomposition des parcelles alimentaires restées entre les dents. En outre, la salive étant sécrétée incessamment, même pendant le sommeil, est déglutie instinctivement, et comme, à chaque mouvement de déglutition, la trompe d'Eustache s'ouvre et met en communication l'air de la caisse et l'air extérieur, cette sécrétion salivaire sert ainsi indirectement à l'audition en maintenant la pression normale de l'air de la caisse.

Pendant la digestion, la salive a trois usages principaux : — 1° elle dissout les parties solubles des aliments et même, par son alcalinité, peut dissoudre certaines substances albuminoïdes. —

nait une certaine quantité de suc gastrique. — Spallanzani faisait av aux animaux des éponges retenues par un fil et les retirait quand e étaient imprégnées de suc gastrique. — Tiedemann et Gmelin sa fiaient les animaux après leur avoir fait avaler des corps irritants insolubles. — Mais c'est le procédé des *fistules gastriques* qui a per de se procurer du suc gastrique pur en quantité suffisante pour expériences. *Chez l'homme*, on a pu recueillir du suc gastrique et dier les phénomènes de la digestion dans des cas de fistule stomac La figure 23, page 155, représente une fistule stomacale chez Canadien, Saint-Martin, observé par W. Beaumont, qui put faire sur homme une série d'expériences sur la digestion des divers aliments

Blondlot et Bassow pratiquèrent les premiers les fistules gastriq artificielles chez les animaux. Ces opérations réussissent bien, surt sur les chiens, et n'affectent en rien leur santé générale. Les fistules gastriques peuvent être pratiquées en deux temps (procédé Blondlot) ou en un seul temps (Bassow, Cl. Bernard). — *Pr. Blondlot.* On prend un chien en pleine digestion et on fait le long de la ligne blanche une incision de 7 à 8 centimètres partant de la ligne blanche; le péritoine une fois ouvert, on attire l'estomac entre les lèvres de la plaie et on le traverse de part en part avec un fil d'argent; les deux extrémités du fil sont tordues sur un petit bâtonnet de manière à amener la portion de l'estomac comprise dans l'anse en contact avec la paroi abdominale; des adhérences s'établissent, et après la chute de l'escarre il n'y a plus qu'à placer une canule dans la plaie. Le procédé de Blondlot est surtout applicable aux fistules d'un grand diamètre comme les pratique Schiff dans certains cas particuliers. — Dans le procédé *à un seul temps*, l'introduction de la canule se fait immédiatement après l'ouverture de l'estomac; seulement comme les bords de la plaie se tuméfient après l'opération, pour qu'ils ne soient pas comprimés entre les bords de la canule, Cl. Bernard emploie une canule à vis (*fig.* 24) dont on peut écarter les bords à



Fig. 24. — Canule à fistule trique.

Fig. 24. — AB, coupe de la canule. — *e*, rebords de la canule. — C, saillies qui e dans la clef destinée à visser et à diviser les deux parties de la canule. — D, tête de la vue de face. — E, ouverture de la canule vue entière et par une de ses extrémités.

fistules gastriques chez d'autres animaux, chat, lapin, etc. Le procédé du reste ne diffère pas. Mais le chien est l'animal le plus commode pour ces sortes d'expériences. Chez les ruminants, la fistule doit être pratiquée sur la caillette, la seule partie qui fournisse du suc gastrique. Sur des lapins porteurs de fistules gastriques, j'ai constaté que l'estomac se vidait complétement dans l'intervalle des digestions, à l'inverse de ce qui existe habituellement.

Suc gastrique artificiel. — Il s'obtient en traitant la muqueuse stomacale par la glycérine, et en acidulant la liqueur par l'acide chlorhydrique dilué ou l'acide lactique.

Le suc gastrique, sécrété par les glandes à pepsine de l'estomac, est incolore, très-fluide, d'une limpidité presque parfaite, sauf parfois un peu d'opalescence, d'une odeur *sui generis*, d'une saveur fade, aigrelette. Si on le filtre pour le débarrasser des détritus épithéliaux qui peuvent s'y trouver, il se conserve très-longtemps sans altération. Sa densité est un peu supérieure à celle de l'eau, 1,005 environ, sa réaction fortement acide.

La *quantité* de suc gastrique sécrété dans les vingt-quatre heures est difficile à préciser; on l'a évaluée à un dixième du poids du corps, soit environ 6 kilogrammes, soit 90 grammes par kilogramme de poids du corps. Chez une femme atteinte de fistule gastrique, Bidder et Schmidt ont constaté un écoulement de 500 grammes par heure.

Composition chimique. — Chez l'homme, le suc gastrique contient 10 p. 1,000 de principes solides qui consistent en pepsine, un acide libre et des sels.

La *pepsine* est une substance qui se présente sous différents aspects, suivant le procédé d'extraction. Jusqu'ici il a été impossible de l'obtenir à l'état de pureté absolue; le procédé qui donne les meilleurs résultats est celui de Brücke. On fait digérer la muqueuse stomacale à 40° avec de l'acide phosphorique étendu; on neutralise par la chaux; il se précipite du phosphate neutre de chaux qui entraîne mécaniquement la pepsine; le précipité est lavé, dissous dans l'acide chlorhydrique étendu; on ajoute à la solution de la cholestérine dissoute dans quatre parties d'alcool et une partie d'éther; la cholestérine se précipite avec la pepsine. Le précipité est lavé à grande eau, repris par l'éther; la couche éthérée est décantée et la solution aqueuse restante contient la pepsine pure et l'abandonne par l'évaporation. Ainsi obtenue, la pepsine se présente sous l'aspect d'une poudre grise, amorphe, peu hygroscopique, peu

le chien, le mouton et le cheval; les quatre premières sont (
à C. Schmidt; la dernière à Frerichs :

Pour 1,000 parties.	HOMME. — Suc g. contenant de la salive.	CHIEN. — Suc g. sans salive.	CHIEN. — Suc g. avec la salive.	MOUTON.	CH
Eau	994,40	973,0	971,2	986,15	9
Matières solides	5,60	27,0	28,8	13,85	
Matière organique	3,19	17,1	17,3	4,05	
Chlorure de sodium	1,46	2,5	3,1	4,36	
Chlorure de potassium	0,55	1,1	1,1	1,52	
Chlorure d'ammonium	—	0,5	0,5	0,47	
Chlorure de calcium	0,06	0,6	1,7	0,11	
Acide libre	0,20	3,1	2,3	1,23	
Phosphate de chaux	0,12	1,7	2,3	1,18	
Phosphate de magnésie		0,2	0,3	0,57	
Phosphate de fer		0,1	0,1	0,33	

Le suc gastrique des carnivores est identique qualitativem
à celui des herbivores; les proportions seules d'acide et de p
sine diffèrent et ces substances paraissent être en plus forte p
portion dans le suc gastrique des carnivores.

La sécrétion de suc gastrique est intermittente. Elle n'est c
tinue que chez les animaux qui, comme le lapin, ont l'estor
toujours rempli d'aliments. Cette sécrétion peut provenir
d'excitations portées directement sur la muqueuse, soit d'exc
tions éloignées. Les irritations mécaniques (chatouillement a
une barbe de plume, présence de sable, etc.), l'eau froide
glacée, l'éther, déterminent, quand l'estomac est convenablem
disposé (voir : *Mécanisme de la sécrétion*), un afflux de suc g
trique, non-seulement au point touché, mais sur toute la surf
de la muqueuse. Cette sécrétion est surtout activée par les liqui
alcalins, qui sont rapidement neutralisés, et spécialement pa
salive; aussi l'arrivée des aliments dans l'estomac produit
une sécrétion qui persiste pendant toute la digestion stomac
Les impressions gustatives et les excitations qui amènent la s
vation ont la même influence. Toutes ces causes agissent p
rapidement et avec plus d'intensité si l'estomac est à jeun de
un certain temps. Au contraire, quand l'estomac est épuisé, a
une longue digestion, par exemple, son excitation ne pro
plus qu'une sécrétion de mucus stomacal ou de suc gastr

blanc nacré. On ouvre ce conduit avec des ciseaux fins, il s'en
de grosses gouttes incolores et l'on y introduit une canule que
e par un fil et qui sort par la plaie de l'abdomen qu'on réunit
s points de suture. La canule tombe au bout de quelques jours et
e se cicatrise, de sorte qu'on n'a ainsi qu'une fistule *temporaire*.
ure 28 représente un chien porteur d'une fistule pancréatique par



Fig. 28. — Chien de berger porteur d'une fistule pancréatique (fen

le procédé de Cl. Bernard. — *Pr. de Ludwig et Weinma*
ché à obtenir des fistules permanentes. Pour empêcher
conduit pancréatique, ils y introduisent un fil de plom
suture de la plaie abdominale; les parois du conduit
trice et on place une canule dans son orifice. — 2
G. Colin. Le conduit pancréatique, souvent détaché d
étendue de 2 à 3 centimètres, peut recevoir une ca
mètres de diamètre. On fait dans le flanc droit, à tr
de doigt de la dernière côte, une incision qui lui
l'incision du péritoine, le canal pancréatique appa

Fig. 28. — A, canule. — B, vessie pour recueillir le suc pan

ou mieux encore avec la glycérine, d'après le procédé de V.'
Il faut choisir le moment où la glande est rouge et en état d'i

Opérations sur le pancréas. — 1° *Extirpation du pancréas.*
par Brunner et Cl. Bernard; les animaux meurent ordinairen
péritonite. Les oiseaux survivent cependant à cette extirpatioı
Schiff). — 2° *Ligature des conduits pancréatiques.* Mêmes procé
pour les fistules; les conduits se rétablissent au bout de peu de
— 3° *Destruction du pancréas.* Une injection de graisse dans
créas amène une dissolution consécutive de la glande, mais les a
meurent au bout de quelque temps (Cl. Bernard); Schiff, au
graisse, injecte de la paraffine; la glande se transforme en un
dure et les animaux supportent bien l'opération.

Le suc pancréatique présente des caractères différents ı
qu'on l'obtient par des fistules temporaires ou par des
permanentes.

Le *suc des fistules temporaires* est limpide, incolore, vis
filant, et coule lentement de l'orifice de la fistule par
gouttes perlées et sirupeuses, sans odeur caractéristique
goût salé analogue au sérum sanguin. Il devient mousse
l'agitation, se prend en masse par la chaleur, et par le ref
sement donne un coagulum gélatiniforme. Il est très-for
alcalin et contient 10 à 15 p. 100 de principes solides. C'est
représente le suc pancréatique normal.

Le *suc des fistules permanentes* est liquide, incolore, a
coule facilement, ne se prend pas en masse par la chaleu
se coagule pas par le refroidissement. Il ne contient que
5 p. 100 de principes solides, est moins alcalin que le pré
et n'est probablement que du suc pancréatique altéré et di
de celui qui est sécrété pendant la vie.

La *quantité* de suc pancréatique sécrété en vingt-quatre
est encore plus difficile à évaluer que celle des autres séc
digestives. Bidder et Schmidt, dans des fistules temporair
trouvé 4 grammes environ par kilogramme de poids du
chez le chien, chiffre probablement trop faible. Par cont
chiffres trouvés dans les cas de fistules permanentes sont é
ment exagérés. En calculant chez l'homme d'après le po
pancréas, on peut admettre le chiffre approximatif de
250 grammes en vingt-quatre heures, soit 3gr,6 par kilog
de poids du corps.

Le suc pancréatique a la composition chimique suiva
contient :

La sécrétion du suc pancréatique est essentiellement intermittente; elle débute presque immédiatement après l'ingestion des aliments et leur arrivée dans l'estomac, et atteint son maximum quelques heures après, puis elle diminue peu à peu, sans qu'il soit possible d'affirmer qu'elle cesse complétement dans l'intervalle de deux digestions. S'il faut en juger d'après ce qu'on voit sur des animaux porteurs de fistules, les caractères du suc pancréatique varieraient suivant le moment de la digestion; au début de la digestion, il serait visqueux, filant, très-coagulable; à la fin, au contraire, il se rapprocherait de celui des fistules permanentes.

Les conditions de la sécrétion sont difficiles à préciser. Une des plus importantes est, sans contredit, l'état même de la nutrition générale de l'animal. Une riche alimentation augmente, non-seulement la quantité, mais la qualité du suc pancréatique; au contraire, toutes les causes qui déterminent un trouble de la nutrition (inflammations, etc.) amènent un trouble correspondant dans la sécrétion; c'est ce qui rend si difficiles et si dangereuses les opérations sur le pancréas.

A l'état physiologique, la sécrétion paraît avoir pour point de départ les excitations qui portent sur la muqueuse de l'estomac et de l'intestin (abord des aliments). L'éther introduit dans l'estomac produit une sécrétion abondante de fluide pancréatique. (Cl. Bernard.)

Le rôle physiologique du suc pancréatique sera étudié à propos de la digestion intestinale.

Bibliographie. — Cl. Bernard : *Mémoire sur le Pancréas*, 1856.

4. — SUC INTESTINAL.

Procédés pour obtenir le suc intestinal. — 1° *Fistule intestinale simple.* Le suc intestinal ainsi obtenu n'est pas pur. Il est mélangé aux autres sécrétions et aux résidus alimentaires. — 2° *Ligature d'une anse d'intestin.* On comprend une anse d'intestin entre deux ligatures ou deux compresseurs spéciaux (Colin), comme dans la figure 30, page 167, et au bout d'un certain temps on recueille le liquide qu'elle contient. — 3° *Fistule intestinale par le procédé de Thiry.* On incise l'abdomen; on isole une certaine longueur d'anse intestinale en la sectionnant aux deux bouts, de façon à la séparer du reste de l'intestin tout en respectant le mésentère, et on réunit par une suture les deux bouts d'intestin ainsi obtenus; on ferme alors par une ligature à une de ses

inversif, qui transforme le sucre de canne en sucre interverti, mélange de glycose et de lévulose. Thiry a obtenu en une heure le maximum de 4 grammes de sécrétion pour une surface d'intestin de 30 centimètres carrés. Elle augmentait dans le cul-de-sac fistuleux quand le reste de la muqueuse était en pleine activité digestive.

La sécrétion du suc intestinal ne paraît pas être continue; mais elle se montre dès que des excitations mécaniques ou chimiques sont portées sur la muqueuse; on a retrouvé dans le suc intestinal l'iode, le brome, les cyanures, la lithine, introduits dans l'organisme.

Le suc intestinal ne doit pas être confondu avec le mucus intestinal, matière filante, visqueuse, formée par des débris de cellules épithéliales.

Pour l'action du suc intestinal, voir: *Digestion intestinale.*

Le *liquide du gros intestin* est alcalin et présente à peu près les mêmes caractères que le liquide de l'intestin grêle.

CHAPITRE QUATRIÈME.

TISSUS ET ORGANES.

Article premier. — Chimie des tissus.

1. — TISSUS CONNECTIFS.

Les tissus connectifs peuvent, au point de vue chimique, se classer en quatre groupes: 1° les *tissus collagènes,* tissu connectif proprement dit et os, qui donnent de la gélatine par l'ébullition; 2° le *tissu connectif embryonnaire,* qui contient une substance analogue à la mucine; 3° le *tissu élastique,* constitué par l'élastine, et 4° les *tissus chondrigènes,* qui fournissent de la chondrine comme les cartilages.

1° *Tissus collagènes.* — La substance collagène forme la masse principale du tissu connectif ordinaire tel qu'on le rencontre, par exemple, dans les tendons. En outre, on y trouve une petite quantité d'une substance albuminoïde particulière, des sels et de la graisse, qui, dans le tissu adipeux, dérivé du tissu connectif,

chaux prédomine dans le tissu compacte, comme l'indiqu lyse précédente. L'influence de l'âge, qui, d'après certains amènerait une plus forte proportion de sels terreux, est douteuse. Le sexe paraît aussi sans influence. Les os de vores sont plus riches en carbonate de chaux que ceux nivores. Papillon a montré qu'on peut, en introduisa l'alimentation de la magnésie, de la strontiane et de l'a remplacer dans les os une partie de la chaux par ces sul sans altérer la structure et les propriétés de l'os.

Les *dents* doivent être rapprochées des os. Le *cémen* composition identique à celle de l'os. L'*ivoire* et surtout s'en écartent plus, comme le montrent les chiffres de l' précédente.

2° *Tissu connectif embryonnaire.* — Le tissu conne bryonnaire ne contient pas de substance collagène, m une substance analogue à la mucine. C'est aussi à ce qu'appartient le corps vitré.

Peut-être faut-il y ranger encore la substance unissa éléments anatomiques, telle, par exemple, qu'on la re entre les cellules épithéliales; cette substance unissante po caractère, très-important au point de vue histologique, prégner facilement de nitrate d'argent qui se réduit ens lumière en prenant une coloration noire. (V. Recklinghau

3° Le *tissu élastique* est constitué presque entièrement l'élastine et se distingue de tous les autres tissus conne sa résistance à presque tous les réactifs.

4° Les *substances chondrigènes* comprennent en p ligne le cartilage hyalin qui donne de la chondrine par l'éb

Le cartilage contient de 54 à 70 p. 100 d'eau, de la su chondrigène, un peu de graisse et 2 à 3 p. 100 de sels. minéraux consistent en phosphates de chaux et de m chlorure de sodium, carbonate de soude et sulfates provenant probablement du soufre des matières album Ce qui caractérise à ce point de vue le cartilage, c'est l proportion de sels de potasse qu'il contient, ce qui s' avec ce fait que le cartilage est dépourvu de vaisseau augmente la proportion de sels minéraux.

La cornée, qui donne non de la gélatine, mais de la ch par l'ébullition, doit être rapprochée du cartilage, quo chondrine ne soit pas identique à la chondrine du cartila

Le *cristallin* a la composition suivante (Berzélius) chez bœuf:

Pour 1,000 parties.

Eau	580,0
Matières solides	420,0
Globuline	359,0
Fibres du cristallin	24,0
Extrait alcoolique	24,0
Extrait aqueux	13,0

Il contient en outre un peu de matières grasses et de la c lestérine.

3. — TISSU MUSCULAIRE.

Le tissu musculaire se compose chimiquement de deux parti la substance musculaire proprement dite ou *plasma musculai* et un résidu insoluble formé par le sarcolemme, des noyaux un peu de graisse. La nature chimique de ces différentes s stances, ainsi que des *sarcous éléments*, est très-incertaine.

Le *plasma musculaire* est liquide sur le vivant, neutre faiblement alcalin, et spontanément coagulable. Il doit cette c gulation spontanée à une substance particulière, la myosine, après la coagulation il reste un liquide, le sérum ou suc mus laire.

La *myosine* ou caillot musculaire est transparente, gélati forme, spontanément coagulable et comme la fibrine décomp l'eau oxygénée. Sa coagulation est accélérée par la chaleur (+4 l'eau distillée, les acides étendus, l'ammoniaque, etc.; elle retardée par le froid; les acides la transforment en syntonine.

Le *sérum musculaire* contient les substances suivantes:

1° Des albuminoïdes, albuminate de potasse, albumine or naire et caséine;

2° Des traces de ferments, pepsine (Brücke) et ptyaline (P trowsky);

3° Une matière colorante, qui, d'après Kühne, serait différe de l'hémoglobine du sang;

4° Des principes azotés, créatine, créatinine, xanthine, hy xanthine, carnine, acide inosique, taurine, acide urique et ur

5° Des principes non azotés, acide sarcolactique, inosite,

optiques et les corps striés, par contre, contiennent le n de graisses. En général, il y a une proportion inverse ent quantité de graisse d'une région et sa richesse en eau. La stance grise est beaucoup plus pauvre en graisse que la subst blanche.

Cette différence, eu égard à la quantité de graisse, ent substance blanche et la substance grise n'existe pas chez l bryon (Schlossberger). Les centres nerveux contiennent chez lui une plus grande quantité d'eau. Par les progrès de la proportion de graisse du cerveau diminue, tandis que le buminates paraissent augmenter; la proportion d'eau ne p pas en être influencée.

La composition des nerfs se rapproche de celle des ce nerveux.

2. — FOIE.

La réaction du foie frais est alcaline; après la mort, ell acide (transformation de la substance glycogène en acide l que?). Le foie renferme 60 à 70 p. 100 d'eau, des substa albuminoïdes de nature diverse, de la substance collagène, matières extractives, sarcine, xanthine, leucine, acide uri urée (pendant la digestion, d'après Heynsius), des graisses, cholestérine, de la matière glycogène, de la glycose, de l'in (bœuf), de l'acide lactique, des sels à acides gras volatils et substances minérales (1 p. 100). La créatine, la créatinine yrosine y sont absentes.

Le tableau suivant donne les analyses du foie de l'homm de quelques animaux par V. Bibra :

Pour 1,000 parties.	Homme.	Bœuf.	Veau.
Eau	761,7	713,9	728,0
Matières solides	238,3	286,1	272,0
Tissus insolubles	91,4	121,3	110,4
Albumine soluble	24,0	16,9	19,0
Glutine	33,7	65,1	47,2
Matière extractive	60,7	53,1	71,5
Graisse	25,0	29,6	23,9

Les cendres du foie, d'après Oidtmann, ont la compos

la cystine (qui est spéciale au rein; Cloetta), de l'urée et de l'acide urique, des graisses (0,1 à 0,63 p. 100), de l'inosite (1 p. 1,000 dans les reins de bœuf, d'après Cloetta), de l'ammoniaque et des matières inorganiques.

Glandes salivaires. — Elles renferment 79,03 p. 100 d'eau 20,45 p. 100 de matières organiques (albumine, leucine, corps analogue à la xanthine, mucine) et 1,51 de matières inorganiques.

Pancréas. — Le pancréas contient 745 p. 1,000 d'eau, 246 de matières organiques et 9 parties de cendres. Les matières organiques consistent en substances albuminoïdes (albumine, caséine, une albumine spéciale), une forte proportion de leucine (1,77 p. 100), de la tyrosine, de la guanine, de la xanthine, de la butalanine (pancréas de veau), de l'acide lactique, des acides gras volatils, un ferment amorphe qui aurait les propriétés du suc pancréatique et se rapprocherait de l'émulsine (Hufner) et des sels.

Poumons. — Ils peuvent, au point de vue chimique, être rapprochés des organes glandulaires. Ils contiennent 796,05 p. 1,000 d'eau, 198,19 de matières organiques et 5,76 de matières minérales. Les matières organiques comprennent des substances albuminoïdes coagulables, de la leucine, de la taurine, de l'acide urique, un acide particulier, acide pneumique de Robin et Verdeil (qui n'est probablement qu'un mélange d'acide lactique et de taurine), de l'ammoniaque (pas constante), des lactates, de la matière glycogène chez le fœtus (Cl. Bernard, Rouget), de l'inosite, du pigment mélanique et des sels, phosphates de sodium et de potassium, chlorure de sodium et une assez forte proportion de fer.

4. — GLANDES VASCULAIRES SANGUINES.

Rate. — A l'état frais, la rate est alcaline. Elle contient, d'après Oidtmann, pour 1,000 parties, 775 parties d'eau, 180 à 300 de matières organiques, et 5 à 9,5 de cendres. Parmi les matières organiques, on rencontre des substances azotées, leucine, tyrosine (?), xanthine, hypoxanthine, taurine, acide urique, des acides succinique, acétique, formique, lactique et butyrique, de l'inosite (en quantité considérable; Cloetta). L'analyse des cendres de la rate a été donnée page 177.

Capsules surrénales. — Les capsules surrénales contien

d'oxydation qui se retrouvent dans les excrétions. Les pr terminaux de l'oxydation des substances albuminoïdes sont l'urée et l'acide carbonique; ceux des hydrocarbonés e graisses sont l'eau et l'acide carbonique; mais il existe en c entre les deux extrêmes, un grand nombre de produits d dation intermédiaires, qui se rencontrent aussi dans les liq les organes ou les tissus. Aussi peut-on considérer aujour comme démontré que ce n'est que par phases successives q matériaux azotés ou non azotés s'oxydent et qu'ils n'arriven d'emblée aux termes ultimes de la série, urée, eau et acid bonique. Le tableau suivant donne la liste des produits azo non azotés, classés, autant que possible, d'après leur riches carbone et la proportion relative d'oxygène qu'ils contien les quantités de soufre et de phosphore qui entrent dans ques-unes de ces substances ont été laissées de côté; on n diqué que les proportions de carbone, d'hydrogène, d'azo d'oxygène :

Produits de désassimilation azotés.

	C.	H.	Az.	O.
Albumine	108	169	27	34
Lécithine	42	83	1	9
Hématine	34	34	4	5
Acide glycocholique	26	43	1	6
Acide taurocholique	26	45	1	7
Indican	26	31	1	17
Cérébrine	17	33	1	3
Bilirubine	16	18	2	3
Bilifuscine	16	20	2	4
Biliverdine	16	20	2	5
Biliprasine	16	22	2	6
Urobiline	32	40	4	7
Indigo	16	10	2	2
Uroglaucine	8	5	1	1
Acide cryptophanique	10	18	2	10
Acide inosique	10	14	4	11
Tyrosine	9	11	1	3
Acide hippurique	9	9	1	3
Leucine	6	13	1	2
Choline	5	15	1	2
Butalanine	5	11	1	2
Guanine	5	5	5	1

Produits de désassimilation non a[…]

	C.	H[…]
Stéarine (Graisses.)	57	[illegible]
Oléine (Graisses.)	57	[illegible]
Palmitine (Graisses.)	51	[illegible]
Cholestérine	24	[illegible]
Dyslysine	24	[illegible]
Acide choloïdique	24	[illegible]
Acide cholalique	24	[illegible]
Excrétine	20	[illegible]
Acide stéarique	18	[illegible]
Acide oléique	18	[illegible]
Acide palmitique	16	[illegible]
Acide caprique	10	[illegible]
Acide caprylique	8	[illegible]
Acide caproïque	6	[illegible]
Acide butyrique	4	[illegible]
Acide propionique	3	[illegible]
Acide acétique	2	[illegible]
Acide formique	1	[illegible]
—	—	—
Acide benzoïque	7	[illegible]
Acide damalurique	7	[illegible]
Acide taurylique	7	[illegible]

chaux excrétés, on est en droit de conclure que, à l'état n
l'acide urique est un degré intermédiaire d'oxydation entre
tres principes moins oxygénés et l'urée.

L'agent de ces oxydations internes est évidemment l'ox
introduit par la respiration; seulement, dans nos laborat
ces oxydations ne peuvent s'accomplir que sous l'influence
dants très-énergiques ou de températures très-élevées inc
tibles avec la vie; dans l'organisme, au contraire, ces oxyd
s'accomplissent à la température du corps; il semblerait d
premier abord, qu'il y a là une action spécifique, vitale,
rente des actions chimiques ordinaires; mais, en réalité,
est rien. Gorup-Besanez a montré que ces mêmes oxyd
pouvaient se produire, dans nos laboratoires, à de basse
pératures, en employant l'ozone au lieu de l'oxygène,
vu plus haut (voir: *Sang*) que l'oxygène des globules
se trouve très-probablement à l'état d'ozone dans l'oxyhé
bine. En outre, on verra plus loin que la graisse peut d
dans certaines conditions, un oxydant énergique (voir :
gras).

Quant au lieu de ces oxydations, cette question sera
plus loin à propos de la nutrition. Mais ce qu'il y a de c
c'est que l'intervention des tissus est nécessaire. P. Sch
berger et Ch. Risler ont démontré que le sang, abandonné
même, ne subit qu'une désoxygénation très-lente; il n'y a
que 3 à 4 centimètres cubes d'oxygène de perdus par
pour 100 grammes de sang, tandis que le simple conta
tissus suffit pour transformer rapidement le sang artériel e
veineux.

Ces oxydations dominent toute la vie animale; elles s
condition essentielle de la production de forces vives, et, c
on le verra plus loin, la plus grande partie de la product
chaleur, de travail mécanique et d'innervation, peut être ra
à des phénomènes d'oxydation.

B. — DÉDOUBLEMENTS.

Le *dédoublement*, dans son acception la plus simple,
la séparation d'une substance organique en deux ou pl
composés, dont la somme représente exactement la sub

dédoublement qu'agiraient alors les oxydations. Cependan questions sont encore tellement obscures, qu'il est bien di de poser des lois générales et qu'on en est réduit à de si suppositions.

C. — RÉDUCTIONS.

Les phénomènes de réduction, si communs et si impo dans la vie de la plante, n'ont qu'un rôle secondaire dans de l'animal. Pourtant ils se présentent aussi chez lui; ainsi l' quinique ingéré se transforme en acide benzoïque, en aba nant de l'oxygène : $C^7H^{12}O^6 = C^7H^6O^2 + 3H^2O + O$. Mais il là qu'un phénomène accidentel, tandis que nous trouvons d formation de la graisse, aux dépens des hydrocarbonés, un e ple frappant de réduction, telle que celle qui se produit da graines huileuses au moment de la maturation; les hydr bonés perdent de l'oxygène pour se transformer en graisses

L'indol et la triméthylamine, qu'on rencontre en petite tité dans certains liquides de l'organisme, sont probablemen à des processus de réduction.

2° SYNTHÈSES.

La formation des composés organiques par synthèse l'animal vivant est beaucoup moins connue et paraît n générale que la décomposition. Dans certains cas, cette thèse se réduit à une simple hydratation; c'est ainsi que la tinine se transforme en créatine en prenant un équivalent d $C^4H^7Az^3O + H^2O = C^4H^9Az^3O^2$. Un cas un peu plus complex fourni par l'apparition de l'acide hippurique dans les u après l'ingestion d'acide benzoïque; l'acide benzoïque s'uni glycocolle pour former de l'acide hippurique et de l' $C^7H^6O^2 + C^2H^5AzO^2 = C^9H^9AzO^3 + H^2O$.

Quant aux procédés synthétiques par lesquels se forme diverses matières albuminoïdes et les différents principe entrent dans la constitution des tissus, on ne sait à peu rien de positif. La chimie a bien pu reproduire, par la syn organique, une partie des principes azotés ou non azotés trouvent dans l'organisme animal; ainsi l'urée (Wœhler), l'

Ferments : diastase de l'orge germée; ptyaline ou diastase salivaire; ferment pancréatique; partie soluble de la levûre de bière (Berthelot); morozymase de Béchamp (ferment de la mûre blanche et d'autres végétaux, etc.); toutes les matières albuminoïdes les tissus et les liquides animaux en voie de décomposition (Magendie, Berthelot, Lépine), etc.

2° Transformation du sucre de canne en sucre interverti et en glycose. — Ferments : ferment inversif du suc intestinal; partie soluble de la levûre de bière (Berthelot);

3° Transformation de glucosides (saligénine, amygdaline, etc.) en glycose et composés divers. — Ferments : synaptase ou émulsine;

4° Transformation de la glycérine et de la mannite en glycose. — Ferment : tissu testiculaire (Berthelot);

5° Transformation de la glycérine et de la mannite en alcool. — Ferments : matières organiques azotées en décomposition (Berthelot);

6° Transformation des graisses en acides gras et glycérine. — Ferment pancréatique;

7° Transformation des albuminoïdes en peptones. — Ferments : pepsine; ferment pancréatique, etc.

Les produits de la fermentation sont tantôt de simples transformations isomériques (transformation de l'amidon en dextrine), tantôt des hydratations (sucre de canne en glycose), tantôt des dédoublements (fermentation des glucosides). Pour que les fermentations s'accomplissent, il faut l'intervention de certaines conditions d'humidité et de température, conditions qui se trouvent réunies dans l'organisme humain. La réaction du milieu dans lequel se produit la fermentation a aussi son influence, comme on le voit dans les fermentations digestives qui s'établissent tantôt dans un milieu acide, tantôt dans un milieu alcalin.

Ce qui caractérise, d'une façon générale, cette classe de fermentations, c'est que, dans presque tous les cas, les ferments solubles peuvent être remplacés artificiellement par la chaleur et par des substances minérales; ainsi l'acide sulfurique étendu transforme l'amidon en glycose, et cette action de l'acide sulfurique sur l'amidon n'est pas mieux expliquée que celle de la diastase; par la cuisson prolongée, les substances albuminoïdes se transforment en corps identiques aux peptones. Il import

trent bien dans une des fermentations les plus simples mieux connues de cette classe, la fermentation alcoolique la glycose, en présence de la levûre de bière, donne non-ment de l'acide carbonique et de l'alcool, mais de la gly de l'acide succinique, de la matière grasse, de l'acide ac une matière azotée (J. Oser) et d'autres produits encore. I donc là d'un phénomène très-complexe, et on peut jusq certain point, comme le fait Béchamp, comparer les prod cette fermentation aux produits de désassimilation d'un nisme qui fabrique de l'urée, de l'acide oxalique, de carbonique, comme la levûre de bière fabrique de l'alc l'acide succinique et de l'acide carbonique. « La levûre, « vivante, transforme d'abord, par le moyen de la zymase « sécrète, le sucre de canne en glucose; c'est la digestio « absorbe ensuite ce glucose et s'en nourrit; elle as « s'accroît, se multiplie et désassimile. Elle assimile, c'est « qu'une portion de l'aliment (la matière fermentescible), d « ou modifiée, fait momentanément ou définitivement pa « son être et sert à son accroissement et à sa vie. Elle d « mile, c'est-à-dire elle rejette au dehors les parties usées « être et de ses tissus sous la forme des composés nom « qui sont les produits de l'opération que l'on est co « d'appeler fermentation alcoolique. Enfin, elle engendre « chaleur. N'est-ce pas là le tableau complet de la vi « animal? » (Béchamp.)

La seule différence, c'est que l'oxygène de l'air n'est p dispensable; mais cet oxygène, les ferments le prennent, la matière fermentescible elle-même (Pasteur, Schutzenb soit à l'eau décomposée (Béchamp), et qu'importe sa so Dans certains cas cependant, l'oxygène empêche la ferment ainsi les fermentations butyrique et propionique ne se fo au contact de l'air, et Pasteur a montré que les vibrions tués par un courant d'oxygène d'une certaine durée; m faits peuvent être interprétés à l'aide des expériences de P. Bert a vu en effet les processus de fermentation enrayés l'air comprimé, et notablement ralentis dans de l'air à 5 sphères ou dans l'oxygène pur.

Pour Pasteur, la fermentation est un acte purement vi ferment un être organisé qui vit aux dépens de la matièr mentescible; il suffit même, comme l'a fait Pasteur, d'ajo

De ce qui précède, il semble qu'il y ait lieu d'admett
opinion intermédiaire à celles de Pasteur et de Berthelot,
ce cas, les produits de la fermentation se diviseraient e
groupes : les uns dériveraient de l'action des ferments s
sécrétés par le ferment figuré sur la matière fermentescil
autres, analogues aux produits de désassimilation des pla
des animaux, seraient dus aux actes mêmes de nutrition
ment figuré, assimilant et désassimilant comme tout orga
Quant à la question de savoir si, comme le croit Paste
les ferments figurés proviennent de l'extérieur et sont a
par l'air atmosphérique, c'est une question qui ne conce
le mécanisme même de la fermentation et qui rentre plut
l'étude de la génération spontanée.

Quel rôle maintenant joue, dans la vie animale, cette de
classe de fermentations ? Un premier fait à constater, c'
des organismes microscopiques, ferments figurés, champ
infusoires, se rencontrent en grand nombre dans le tube
et surtout dans la cavité buccale et le gros intestin. Aussi q
auteurs leur attribuent-ils une influence notable dans les
mènes digestifs. Ainsi, d'après Béchamp, Estor et Saint-Pi
ferment salivaire serait sécrété par les infusoires de la b
si on ajoute une trace de ces infusoires à la salive paroti
de chien qui ne saccharifie pas la fécule, elle acquiert
diatement la propriété saccharifiante.
Du reste, ces auteurs ont donné une extension inatte
cette théorie. Pour eux, la vie est une fermentation et l'
une agglomération de ferments. En étudiant la craie au
cope, Béchamp y trouva en grand nombre des particules
animées d'un mouvement de trépidation (mouvement brow
ces particules, il les considéra comme des organismes viv
leur donna le nom de *microzymas*, *microzyma cret*
microzymas se retrouveraient, d'après lui, dans tous l
ments, dans tous les éléments anatomiques de la pério
bryonnaire ; les globules sanguins, les cellules, tous les él
de l'organisme ne seraient primitivement que des aggloméi
de microzymas, et ces microzymas, en se dissociant et de
libres, produiraient la mort des cellules ; dans l'intestin du
en pleine digestion, il a retrouvé des microzymas, soit
depuis le pylore jusqu'à la valvule iléo-cœcale, soit asso

du carbone et de l'hydrogène. Ce sont les plus simples des compo organiques. Exemple : Gaz des marais, CH^4.

2° Alcools. — Ils sont constitués par du carbone, de l'hydrog et de l'oxygène. Ils sont obtenus par la réaction indirecte des élém de l'eau sur les carbures précédents. Les alcools sont des corps neut capables de s'unir directement avec les acides et de les neutraliser formant des éthers, avec séparation des éléments de l'eau.

Les alcools se divisent en :

A. Alcools d'oxydation ou alcools proprement dits. — Ex. : alc ordinaire. Ils ont les caractères suivants :

— Ils dérivent des carbures d'hydrogène par substitution des é ments de l'eau à un volume égal d'hydrogène. Ex. :

$CH^4 = CH^2(H^2)$ — Formène ou gaz des marais.
$CH^2(H^2O) = CH^4O$ — Alcool méthylique ou esprit de bois.

— Avec les acides, ils donnent des éthers par substitution des é ments de l'acide à ceux de l'eau. Ex. :

$CH^4O = CH^2(H^2O)$ — Alcool méthylique.
$CH^2(HCl) = CH^3Cl$ — Éther méthylchlorhydrique ou chlorure de méth

— Avec l'ammoniaque, ils donnent des alcalis, par substitution d éléments de l'ammoniaque à ceux de l'eau. Ex. :

$CH^4O = CH^2(H^2O)$ — Alcool méthylique.
$CH^2(AzH^3) = CH^5Az$ — Méthylamine.

— En perdant de l'hydrogène, ils donnent des aldéhydes. Ex. :

$CH^4O - 2H = CH^2O$ — Alcool méthylique. Aldéhyde méthylique (?).

— En changeant de l'eau contre de l'oxygène, ils donnent d acides. Ex. :

$CH^4O = CH^2(H^2O)$ — Alcool méthylique.
$CH^2(O^2) = CH^2O^2$ — Acide formique.

Les alcools d'oxydation sont dits monoatomiques, diatomiques..., t tétr-, pent-, hexatomiques, suivant que les molécules d'hydrogène s remplacées dans le carbure par 1, 2, 3, 4, 5, 6 molécules d'eau. Ex. :

Alcool monoatomique. . .	$CH^2(H^2O)$	Alcool méthylique.
Alcool diatomique	$C^2H^2(H^2O)^2$	Glycol.
Alcool triatomique. . . .	$C^3H^2(H^2O)^3$	Glycérine.
Alcool tétratomique. . . .	$C^4H^2(H^2O)^4$	Érythroglucine.
Alcool pentatomique . . .	$C^6H^2(H^2O)^5$	Quercite.
Alcool hexatomique. . . .	$C^6H^2(H^2O)^6$	Mannite; glycose.

Les aldéhydes se divisent en classes correspondantes aux divers classes d'alcools. On aura donc les groupes suivants :

Aldéhydes proprement dits ou dérivés des alcools d'oxydation, ex. aldéhyde ordinaire ;

Aldéhydes des alcools d'hydratation ; ex. : acétone ;

Aldéhydes secondaires ; identiques en général aux précédents ;

Quinons ; aldéhydes dérivés de certains phénols polyatomiques ;

Aldéhydes à fonctions mixtes, dérivés des alcools polyatomiques.

4° Acides. — Les acides dérivent des alcools par élimination d'hydrogène et fixation d'oxygène. Ex. :

$$C^2H^6O - H^2 + O = C^2H^4O^2$$

Alcool. Acide acétique.

Les acides organiques s'unissent aux bases pour former des sels. Ils peuvent se diviser en deux grandes classes : acides à fonction simple et acides à fonction complexe.

A. Acides a fonction simple. — Ne jouent que le rôle d'acide. Ils se divisent, suivant la proportion d'oxygène qu'ils contiennent, proportion qui est toujours un multiple de 2, en acides monobasiques, bibasiques, etc.

a) *Acides monobasiques simples.* — Ils renferment 2 équivalents d'oxygène. A chaque alcool répond un acide.

Première famille...	Acides gras................	$C^nH^nO^2$
Deuxième famille ..	Homologues de l'acide oléique.	$C^nH^{n-2}O^2$
Troisième famille..........................		$C^nH^{n-4}O^2$
Quatrième famille..........................		$C^nH^{n-6}O^2$
Cinquième famille. .	Acides aromatiques.........	$C^nH^{n-8}O^2$
Sixième famille		$C^nH^{n-10}O^2$

b) *Acides bibasiques simples.* — Ils renferment 4 équivalents d'[illegible]gène. Ils correspondent aux alcools diatomiques. Ils donnent com[illegible] dérivés : 1° deux séries de sels, des sels acides ou monobasiques, [illegible] sels neutres ou bibasiques ; 2° deux séries d'éthers, les uns acides [illegible] monoalcooliques, les autres neutres et dialcooliques ; 3° deux séries d'amides, etc.

Première famille...	Série oxalique.....	$C^nH^{n-2}O^4$
Deuxième famille ..	....	$C^nH^{n-4}O^4$
Troisième famille...	Série aromatique...	$C^nH^{n-8}O^4$

c) *Acides tribasiques simples.* — Ils possèdent 6 équivalents d'oxygène et correspondent aux alcools triatomiques. Ils forment trois séries de sels (monobasiques, bibasiques, tribasiques), trois séries d'éthers, etc.

b) *Alcalis secondaires.* — Les éléments de l'eau dans l'alcool s remplacés par un alcali primaire au lieu de l'être par l'ammoniaque. E

$$CH^4O = CH^2(H^2O) \qquad CH^2(CH^5Az) = C^2H^7Az = \left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right\}Az$$

Alcool méthylique. Diméthylamine.

c) *Alcalis tertiaires.* — Les éléments de l'eau dans l'alcool sont re placés par un alcali secondaire. Ex. :

$$CH^4O = CH^2(H^2O) \qquad CH^2(C^2H^7Az) = C^3H^9Az = \left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\\CH^3\end{matrix}\right\}Az$$

Alcool méthylique. Triméthylamine.

d) *Alcalis de la 4e espèce.* — Les éléments de l'eau sont rempla par un alcali tertiaire, on obtient ainsi une base fixe oxygénée qui dérive pas de l'ammoniaque, mais de l'oxyde d'ammonium ; c'est tétraméthylammonium.

B. ALCALIS DÉRIVÉS DES ALCOOLS POLYATOMIQUES. — Les alcool polyatomiques peuvent s'unir soit à un seul équivalent d'ammoniaq (*alcalis monoammoniacaux*), soit à deux équivalents (*alcalis biamm niacaux*), etc., et chaque groupe d'alcalis comprend, comme préc demment, des alcalis primaires, secondaires, tertiaires, etc.

Exemple d'alcali monoammoniacal primaire :

$$C^3H^2\left\{\begin{matrix}H^2O\\H^2O\\H^2O\end{matrix}\right. \qquad C^3H^2\left\{\begin{matrix}H^2O\\H^2O\\AzH^3\end{matrix}\right.$$

Glycérine (alcool triatomique). Glycérammine.

La glycérammine joue à la fois le rôle d'alcool diatomique et d'alcali c'est un alcali-alcool.

Exemple d'alcali monoammoniacal de la 4e espèce :

$$C^2H^2\left\{\begin{matrix}H^2O\\H^2O\end{matrix}\right. \qquad C^2H^2\left\{\begin{matrix}H^2O\\C^3H^9Az\ (\text{triméthylamine}).\end{matrix}\right.$$

Glycol (alcool diatomique). Névrine.

La névrine joue à la fois le rôle d'un alcool monoatomique et d'un alcali ; c'est aussi un alcali-alcool.

D'autres alcalis jouent le rôle d'*acides-alcalis*. Ainsi la glycocolle dérive du glycol par deux substitutions, celle de O^2 à H^2O (réaction d'acide), et celle de AzH^3 à H^2O (réaction d'alcali). Ex. :

$$C^2H^2\left\{\begin{matrix}H^2O\\H^2O\end{matrix}\right. \qquad C^2H^2\left\{\begin{matrix}O^2\\AzH^3\end{matrix}\right. = C^2H^5AzO^2$$

Glycol. Glycocolle.

La tyrosine peut être considérée comme un amide d'un acid
sique simple de la série aromatique, l'acide uvitique :

$$C^9H^8O^4 + AzH^3 - H^2O = C^9H^9AzO^3$$

Ac. uvitique. Tyrosine.

C. AMIDES DÉRIVÉS DES ACIDES TRIATOMIQUES. — Même constr
D. AMIDES DÉRIVÉS DES ACIDES A FONCTION COMPLEXE. — Cette
fournit des principes très-intéressants au point de vue physiologi
Ainsi la glycocolle, que nous avons déjà vue jouer le rôle d
alcali, est l'amide de l'acide glycollique ou oxyacétique, dérivé du g

$$C^2H^4O^3 + AzH^3 - H^2O = C^2H^5AzO^2$$

Ac. glycollique. Glycocolle.

De même la leucine est l'amide de l'acide leucique :

$$C^6H^{12}O^3 + AzH^3 - H^2O = C^6H^{13}AzO^2$$

Ac. leucique. Leucine.

On peut, pour former un amide, remplacer l'ammoniaque par un
On a ainsi les *alcalamides*. Ainsi l'acide glycocholique est formé
cide cholalique et la glycocolle (qui remplace l'ammoniaque) moin

$$C^{26}H^{43}AzO^6 = C^{24}H^{40}O^5 + C^2H^5AzO^2 - H^2O$$

Ac. glycocholique. Ac. cholalique. Glycocolle.

L'acide taurocholique est aussi un alcalamide :

$$C^{26}H^{45}AzSO^7 = C^{24}H^{40}O^5 + C^2H^7AzSO^3 - H^2O$$

Ac. taurocholique. Ac. cholalique. Taurine.

Il en est de même de l'acide hippurique :

$$C^9H^9AzO^3 = C^7H^6O^2 + C^2H^5AzO^2 - H^2O$$

Ac. hippurique. Ac. benzoïque. Glycocolle.

Un groupe très-important d'alcalamides est constitué par les u
amides dans lesquels l'urée remplace l'ammoniaque ; l'acide uriqu
loxane, l'acide oxalurique, l'acide allanturique, l'allantoïne, la cr
rentrent dans ce groupe comme le montrent les formules suivan

$$C^5H^4Az^4O^3 = C^3H^4O^5 + 2CH^4Az^2O - 4H^2O$$

Acide urique. Ac. tartronique. Urée.

$$C^4H^2Az^2O^4 = C^3H^2O^5 + CH^4Az^2O - H^2O$$

Alloxane. Ac. mésoxalique. Urée.

$$C^3H^4Az^2O^4 = C^2H^2O^4 + CH^4Az^2O - H^2O$$

Ac. oxalurique. Ac. oxalique. Urée.

$$C^3H^4Az^2O^3 = C^2H^2O^3 + CH^4Az^2O - H^2O$$

Ac. allanturique. Ac. oxyglycollique. Urée.

$$C^4H^6Az^4O^3 = C^3H^4Az^2O^3 + CH^4Az^2O - H^2O$$

Allantoïne. Ac. allanturique. Urée.

$$C^4H^9Az^3O^2 = C^3H^7AzO^2 + CH^4Az^2O - H^2O$$

Créatine. Sarcosine. Urée.

1° Les *corps gras* sont des éthers de la glycérine. La glyc alcool triatomique, se combine avec 1, 2, 3 équivalents d'a gras, en perdant 1, 2, 3 équivalents d'eau, comme le mon les formules suivantes :

$$\text{Glycérine} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad C^3H^2\left\{\begin{array}{l} H^2O \\ H^2O \\ H^2O \end{array}\right. = C^3H^8O^3$$

$$\text{Monostéarine} \ldots\ldots\ldots \quad C^3H^2\left\{\begin{array}{l} H^2O \\ H^2O \\ C^{18}H^{36}O^2 \\ \text{Acide stéarique.} \end{array}\right. = C^{21}H^{42}O^4$$

$$\text{Distéarine} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad C^3H^2\left\{\begin{array}{l} H^2O \\ C^{18}H^{36}O^2 \\ C^{18}H^{36}O^2 \end{array}\right. = C^{39}H^{76}O^5$$

$$\text{Tristéarine} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad C^3H^2\left\{\begin{array}{l} C^{18}H^{36}O^2 \\ C^{18}H^{36}O^2 \\ C^{18}H^{36}O^2 \end{array}\right. = C^{57}H^{110}O^6$$

Avec les acides palmitique et oléique, la glycérine donne éthers correspondants. Les matières grasses de l'organisme à l'état de tristéarine, tripalmitine et trioléine.

La saponification dédouble les graisses en acides gras et cérine avec fixation des éléments de l'eau. Ce dédoublemen probablement le premier stade de décomposition des grai puis la glycérine d'une part, les acides gras de l'autre, fou sent chacun une série de produits de décomposition.

Parmi les produits de décomposition de la glycérine, on tr de l'acide propionique, de l'acroléine, de l'hydrure de pr lène, les acides carbonique, formique, acétique, butyrique, o que, glycérique, une glycose (fermentation), de l'alcool, etc. formules suivantes représentent ces réactions :

$$\underset{\text{Glycérine.}}{C^3H^2\left\{\begin{array}{l} H^2O \\ H^2O \\ H^2O \end{array}\right.} \quad \underset{\text{Acide propionique.}}{C^3H^2\left\{\begin{array}{l} H^2O \\ H^2O \\ \ \end{array}\right.} \quad \underset{\text{Acroléine.}}{C^3H^2\left\{\begin{array}{l} H^2O \\ \ \\ \ \end{array}\right.} \quad \underset{\text{Hydrure de propylène.}}{C^3H^2\left\{\begin{array}{l} H^2 \\ H^2 \\ H^2 \end{array}\right.} \quad \underset{\text{Acide glyc}}{C^3H^2\left\{\begin{array}{l} \ldots \end{array}\right.}$$

$$C^3H^2\left\{\begin{array}{l} H^2O \\ H^2O \\ O \end{array}\right. = \underset{\text{Ac. carbon.}}{CO^2} + \underset{\text{Alcool.}}{C^2H^6O} \qquad 2\left(C^3H^2\left\{\begin{array}{l} H^2O \\ O \\ O \end{array}\right.\right) = \underset{\text{Ac. carbon.}}{2CO^2} + \underset{\text{Ac. buty}}{C^4\ldots}$$

peut être comprise la génération de ces diverses substance prenant la glycose comme point de départ :

1° *Glycose.*

$$C^6\left\{\begin{array}{l}H^2O\\H^2O\\H^2O\\H^2O\\H^2O\\H^2O\end{array}\right.\qquad \overline{C^6H^{12}O^6}$$

2° *Sucre de canne.*

$$C^6\left\{\begin{array}{l}C^6H^{12}O^6\\H^2O\\H^2O\\H^2O\\H^2O\\H^2O\end{array}\right.\qquad \overline{C^{12}H^{22}O^{11}}$$

3° *Dextrine.*

$$C^6\left\{\begin{array}{l}C^6H^{10}O^5\\H^2O\\H^2O\\H^2O\\H^2O\\H^2O\end{array}\right.\qquad \overline{C^{12}H^{20}O^{10}}$$

4° *Amidon.*

$$C^6\left\{\begin{array}{l}C^6H^{12}O^6\\C^6H^{10}O^5\\H^2O\\H^2O\\H^2O\\H^2O\end{array}\right.\qquad \overline{C^{18}H^{30}O^{15}}$$

5° *Cellulose.*

$$C^6\left\{\begin{array}{l}C^6H^{12}O^6\\C^6H^{12}O^6\\C^6H^{10}O^5\\H^2O\\H^2O\\H^2O\end{array}\right.\qquad \overline{C^{24}H^{40}O^{20}}$$

6° *Ligneux.*

$$C^6\left\{\begin{array}{l}C^6H^{12}O^6\\C^6H^{12}O^6\\C^6H^{12}O^6\\C^6H^{10}O^5\\H^2O\\H^2O\end{array}\right.\qquad \overline{C^{30}H^{50}O^{25}}$$

On. voit que ces substances jouent le rôle d'éthers mixte la glycose d'un ordre de plus en plus élevé. Dans l'organ animal, la formation de ces principes ne paraît pas dép l'amidon, au moins chez les animaux supérieurs, car che animaux inférieurs on rencontre une matière analogue à la lulose, la tunicine.

Les produits de décomposition de la glycose consistent en a saccharique, acétique, formique, butyrique, lactique, oxali alcool, oxyde de carbone, produits pyrogénés, etc.; les pro terminaux sont l'acide carbonique et l'eau.

3° *Substances albuminoïdes.* — La constitution des sub ces albuminoïdes est encore plus complexe et difficile à i prêter. Cependant leurs dédoublements et leurs produits d composition peuvent donner quelques indications sur leur n intime.

Ces produits des albuminoïdes peuvent se diviser en groupes : les uns sont azotés, comme la leucine, la tyrosine, et représentent en général des amides des acides gras et acides aromatiques; les autres, dépourvus d'azote, sont,

TROISIÈME PARTIE

PHYSIOLOGIE DE L'INDIVIDU

PREMIÈRE SECTION

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

CHAPITRE PREMIER

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE

La forme que présentent à leur origine tous les organisme la forme cellulaire, et la même chose peut se dire de leurs ments. Tout organisme, tout élément anatomique est une ce ou dérive d'une cellule.

L'idée que se faisaient primitivement les auteurs de la théorie cellulaire, Schleiden et Schwann, de la constitution de la cellule s'est aujourd'hui profondément modifiée. La *cellule* (κοῖλος, creux) était pour eux une petite vésicule microscopique composée d'une membrane d'enveloppe et d'un contenu semi-liquide, dans lequel se trouvait un globule, le noyau, pourvu lui-même d'une granulation, le nucléole (*fig.* 31). Une observation plus précise montra bientôt que la membrane d'enveloppe manquait souvent et que la cellule se composait, dans beaucoup de cas, d'une petite masse demi-solide avec un noyau (Schultze); il n'y avait donc plus là de



Fig. 31. — Iso-

Fig. 31. — Cellules nerveuses du cerveau d'un embryon de *Triton marmoratus* (Ch.

diverses phases de leur existence. Mais quelles que soi
forme ultérieure et les modifications qu'elle subit plus t
n'en est pas moins vrai qu'à son origine elle présente des
tères particuliers communs à tous les êtres, végétaux et ani
et constitue une espèce de gangue où la vie va puiser les
riaux de son évolution future. Cette substance primordiale
le protoplasma, c'est la substance vivante par excellence (

Pour étudier ce protoplasma, il ne faut pas s'adresser a
ganismes supérieurs ni aux éléments spécialisés de ces or
mes; il faut s'adresser, au contraire, aux organismes inf
ou aux éléments naissants des êtres plus perfectionnés; c
qu'on peut l'étudier avec le plus de facilité.

Le protoplasma se présente sous deux aspects : tantô
libre, tantôt il est contenu dans l'intérieur d'une cellule.

1° Protoplasma libre. — Pour en donner une i
suffira de prendre un exemple dans chacun des deux r
animal et végétal.

A. MYXOMYCÈTES. — Les myxomycètes sont des champi
qu'on rencontre sur les feuilles ou les bois pourris, sur
qui *fleurit*. Dans une phase de leur développement (de
leurs spores donnent naissance, après plusieurs transf
tions (2), à des masses protoplasmiques analogues à des a
(voir plus loin) qui finissent par se réunir pour constitu
masses volumineuses de protoplasma, appelées *plasmodies* (
page 207). Ces plasmodies sont formées par une substance g
leuse à bords hyalins, et présentent des mouvements de
espèces : 1° un mouvement de courant qui se fait avec u
tesse variable et dans différentes directions, et qui est

(1) Malgré les objections de Ch. Robin, dont je ne méconnais
valeur, j'ai cru devoir conserver le nom de protoplasma, employé
ralement aujourd'hui. (Voir : Ch. Robin, *Anat. et Physiol. cellulaires*,

(2) Voici, d'après de Bary, la série des transformations. Les spor
contenues dans des réceptacles ou *sporanges*. A l'époque de la m
les sporanges s'ouvrent et laissent échapper les spores. La spore es
tituée par une membrane vesiculaire et un contenu protoplasmiqu
fois libre, au bout d'un temps variable, la spore se gonfle, sa me
se déchire et la masse de protoplasma qu'elle contenait sort en s'
par un bout, et se transforme en une sorte de corpuscule amœboï
(*Schwarmer*). Ces *spores ciliées* en se soudant, après avoir perdu l
constituent la *plasmodie*, qui, à son tour, donne naissance aux spo
et aux spores.

ce qu'elle produit sur la substance musculaire, et une expéri
curieuse de Kühne prouve l'analogie des deux éléments; il f
qua une fibre musculaire artificielle en introduisant du p
plasma de myxomycètes dans un intestin d'hydrophile et
faire raccourcir deux ou trois fois par l'électricité cette fibr
lossale. L'oxygène est nécessaire à la production du mouve
du protoplasma; l'acide carbonique l'anéantit; il en est de m
des vapeurs d'éther, du chloroforme, de la vératrine, etc.

B. Amibes. — Les amibes sont de petits organismes mi
copiques qu'on rencontre dans les eaux stagnantes. Les am
se composent d'une masse de substance homogène avec
ques granulations (*fig.* 34), et présentent des changemen



Fig. 34. — Amibe.

forme très-remarquables. Sur un point de leur surface se dé
une sorte de boursouflure transparente qui s'étend peu à
et on voit le petit être non-seulement changer de forme,
progresser lentement comme par un mouvement de rept
rudimentaire ou plutôt de glissement.

Quand on examine une amibe dans une infusion, il est
ressant de constater comment elle se comporte avec les cor
cules qui l'entourent et comment elle se nourrit. Quand elle
contre un corps étranger qui peut servir à sa nutrition,
exemple un granule végétal, on voit les prolongements de l'a
s'étendre peu à peu autour du grain et finir, en se soudant,
l'entourer complétement, de façon qu'il se trouve engagé
entier dans la masse même de l'amibe. Puis un temps se pa
pendant lequel la digestion du corps étranger se produit pa

Fig. 34. — *Amœba diffluens* (Ch. Robin).

ur lequel le microscope ne nous révèle rien, et alors du corps étranger, sa partie inutile et non assimila-ulsé du corps de l'amibe par un processus inverse s d'introduction. Cienkowsky a vu ainsi des amibes digérer des grains d'amidon (*monas amyli*). Ces ntent, du reste, vis-à-vis des agents extérieurs, à peu nes réactions que le protoplasma des myxomycètes.
uvert dans les organismes supérieurs, des éléments ialogues aux amibes et sur [illegible] les mêmes mou-s *amœboïdes*, ont été const[illegible] sont les globules ng, certains globules conn[illegible] etc.

plasma intra-cellul[illegible] — A. PROTOPLASMA :S VÉGÉTALES. — Certaines [illegible] es végétales se pré-ue d'autres à l'étude du pr[illegible] ma; et en première ils staminifères de l'éphém[illegible] Virginie, plante de s commélynées. Ces poils s[illegible] rmés par de grandes ngées remplies d'un liquide violet, au milieu duquel protoplasma incolore. Une partie de ce protoplasma cumulée autour du noyau; l'autre est étalée à la sur-de la membrane de cellule, et de l'une à l'autre vont souvent anastomosées entre elles, et qui constituent sorte de réseau protoplasmique intra-cellulaire; dans : produisent des courants dont la direction change et varier d'aspect et de forme. Là encore, l'action des ieurs se rapproche beaucoup de ce qui se passe pour rcètes.
rements du protoplasma dans l'intérieur des cellules nt été observés depuis longtemps dans les *Chara* n les retrouve dans beaucoup d'autres plantes, *Urtica isneria spiralis*, etc., et on peut supposer que là où on re les constater, cela tient uniquement aux conditions ation et à la lenteur du mouvement.

PLASMA DES CELLULES ANIMALES. — L'existence et les ts du protoplasma ont été aussi constatés dans beau-llules animales, cellules cartilagineuses, cellules pig-ovule, infusoires unicellulaires, etc.
ces faits, qu'on pourrait multiplier encore, on est en onclure que le protoplasma, qu'il se présente dans les égétales ou animales, à l'état libre ou à l'état intra-

cellulaire, possède des caractères sinon identiques, d
très-semblables et qui ne diffèrent pas essentiellement.

Caractères généraux du protoplasma. — Le prot
est une substance d'une consistance semi-liquide qui
rier, du reste, depuis l'état presque fluide jusqu'à l'état
Il se compose de deux parties: d'une substance fonda
d'aspect homogène, plus ou moins réfringente, et de
tions d'apparence et de grosseur variables. La substance
mentale est azotée et contient une grande quantité d'
p. 100 environ); les granulations sont de diverse natur
seuses, amylacées, protéiques, etc. Le protoplasma est pe
à l'eau dans de certaines limites, et en s'imbibant il se go
peut considérer chaque molécule solide de protoplasma
entourée par une couche d'eau qui peut augmenter ou d
d'épaisseur, suivant la capacité hygrométrique du prot
Cette perméabilité est plus faible pour les substances, co
ou autres, dissoutes dans l'eau que pour l'eau elle-m
a vu plus haut que le protoplasma des cellules végétal
coloré reste incolore.

Les mutations matérielles du protoplasma paraisse
actives et jouent un rôle très-important dans la vie de
nisme; il assimile et il désassimile; il fixe des matér
nutrition, et il excrète des déchets; il absorbe de l'ox
émet de l'acide carbonique. Ces mutations et ces oxydati
liées d'ailleurs à ses mouvements.

Le dégagement de forces vives dans l'intérieur du prot
se fait principalement sous forme de mouvement, et
phénomène le plus essentiel et le plus remarquable de s
tence. On a vu plus haut que ce mouvement se présen
deux aspects principaux: 1° une sorte de liquéfaction,
vement de courant; dans ce cas la partie extérieure d
plasma paraît quelquefois immobile et constitue une e
tube transparent dans l'axe duquel coulent les granulations
page 207); cette apparence a fait croire à tort à quelque
vateurs que le protoplasma était constitué par une masse
liquide et une couche corticale solide; 2° un changer
forme, et consécutivement, dans certains cas, un mouve
progression. La nature et les causes de ces mouveme
encore peu connues; ce qui semble certain, c'est que les

1° *Membrane de cellule.* — Dans les globules dépou
membrane d'enveloppe, la périphérie du protoplasma re
cependant une couche corticale plus dense et plus résista
le reste. C'est pour ainsi dire le premier pas vers la pro
d'une membrane de cellule, et entre les deux extrêmes on
tous les degrés de transition.

Complétement développée, la membrane cellulaire for
véritable vésicule à parois minces, qui enferme la masse
laire. Cette membrane est homogène, amorphe, transpare
moins dans son jeune âge, et offre, suivant son épaiss
simple ou un double contour à l'examen microscopique (
Sa consistance est très-variable, depuis une mollesse semi-liquide jusqu'à une dureté ligneuse. Elle présente souvent une certaine élasticité et se moule sur le contenu cellulaire en changeant de forme avec lui; d'autres fois, elle a, au contraire, une rigidité qui assure la constance de sa forme.



Fig. 35. — Cellules de car

Elle est perméable, mais seulement pour les liquides qui peuvent l'imbiber; ainsi elle s
traverser par l'eau et les solutions aqueuses (acides, bas
acides et basiques), mais elle ne laissera pas passer al
huiles et les graisses liquides.

La constitution chimique n'est pas la même dans le
règnes. La membrane de cellule végétale est formée au
par de la cellulose; ce n'est que plus tard qu'une mem
secondaire, de nature azotée, vient s'ajouter à la premiè
membrane de cellule animale, sauf peut-être dans quelque
nismes inférieurs, est toujours azotée.

L'activité vitale de la membrane de cellule est très-li
Elle ne contribue guère à la vie de la cellule que par se
priétés physiques et par son intervention dans les phéno
d'osmose. Pour tout le reste, elle ne joue qu'un rôle secon
elle ne paraît être le siége d'aucun dégagement de forces
et, dans les mouvements de la cellule, ne fait que suivre
vement les mouvements du protoplasma.

La membrane de cellule est un produit du protoplasma;
a aucun doute là-dessus. Mais est-ce une transformation p
simple de la couche corticale du protoplasma ou une séc

2° *Contenu cellulaire.* — L'étude de la partie essentiel contenu cellulaire a déjà été faite à propos du protopl Mais, outre ce protoplasma, la cellule renferme du liquid *intra-cellulaire*, et des matériaux variables suivant la spé des cellules.

Le suc intra-cellulaire, qu'il ne faut pas confondre avec d'imbibition du protoplasma, est tantôt à peine visible, ta abondant qu'il remplit presque en entier la cavité de la c Il est surtout visible dans certaines cellules végétales, da quelles il est coloré et tranche ainsi sur le reste du co cellulaire. Sa composition chimique est peu connue. Ce su être le véhicule des substances solubles qui servent de mat à la cellule et l'intermédiaire obligé entre le protoplasma e térieur.

3° *Noyau.* — Le noyau est un corpuscule sphérique, ordinairement dans la partie centrale, plus rarement d partie périphérique de la cellule; une même cellule peut co plusieurs noyaux. Le noyau forme tantôt un globule demi- tantôt une vésicule remplie de liquide. Dans son intéri trouvent une ou plusieurs granulations, ou *nucléoles.* D Auerbach, ces nucléoles seraient de petites masses de protop douées de mouvements amœboïdes, au moins dans les pre phases de leur développement. Chimiquement, le noyau es comme le protoplasma.

La signification et le mode d'activité vitale du noyau n pas encore bien connus; il paraît surtout être en rappor la formation des cellules; dans les cellules végétales, le précède toujours la formation cellulaire. Il représente un de condensation du protoplasma; les parties les plus ric azote paraissent se porter vers le centre du globule, tand les parties moins azotées se portent à la périphérie du gl Il semble donc y avoir une sorte d'antagonisme, de polarit rente entre le noyau et la membrane.

4° *De la cellule considérée dans son ensemble.* — La deur des éléments cellulaires varie dans des limites asse dues. Le plus volumineux, l'ovule, est visible à l'œil n plus petits nécessitent de forts grossissements pour être çus; tels sont les globules sanguins. Leur forme typique forme sphérique, mais il est rare que cette forme se co dans son intégrité; elle passe facilement à la forme ovo

tension cellulaire hydrostatique, qui joue un si grand rôle dans la plupart des phénomènes de la vie végétale, a été jusqu'ici peu étudiée dans la vie animale où elle paraît pourtant avoir aussi une très-grande importance; elle ne doit pas être confondue avec la tension qui résulte de l'accroissement et qui est plus considérable dans les parties qui s'accroissent le plus.

Nutrition cellulaire. — Les mutations matérielles de la cellule consistent en deux ordres de phénomènes, assimilation et désassimilation.

Par l'assimilation, la cellule prend dans le milieu qui l'entoure les matériaux nécessaires qu'elle convertit en sa propre substance ou qu'elle doit utiliser pour les phénomènes de son activité vitale. Cette assimilation comprend deux phases bien distinctes et qu'il importe de ne pas confondre : 1° une phase dans laquelle la cellule transforme, de manière à les rendre utilisables, les substances qu'elle prend au milieu qui l'entoure; 2° une phase dans laquelle ces substances transformées deviennent partie intégrante de la cellule : formation de la matière organique, formation de la substance organisée vivante. La première phase de l'assimilation, celle de formation de la matière organique, très-développée dans la cellule végétale, est au contraire rudimentaire dans la cellule animale qui se trouve en présence de matières organiques déjà formées dans la plante; la seconde phase, celle d'intégration ou de vivification, existe à la fois dans la cellule végétale et dans la cellule animale, mais elle est beaucoup plus importante chez cette dernière, chez laquelle l'usure incessante exige une réparation incessante de la substance vivante.

La désassimilation consiste en une oxydation soit de la substance même de la cellule, soit des matériaux en contact avec elle, mais non employés à sa réparation, et cette oxydation, liée à un dégagement de forces vives, prédomine dans la cellule animale.

A côté de ces deux grands actes de la nutrition cellulaire se placent des phénomènes accessoires. Les cellules semblent choisir, dans le milieu qui les entoure, certaines substances de préférence à d'autres et ne laissent pénétrer que celles-là dans leur intérieur; c'est ce qu'on a appelé *affinité élective* de la cellule. Les cellules éliminent les produits de l'usure de leur

est *toujours provoquée, jamais spontanée.* Pas de contraction, pas de sécrétion, pas d'action nerveuse sans irritation préalable, que cette irritation soit produite par une cause extérieure ou par une cause interne (afflux sanguin, substances absorbées, etc.). Cette loi, qui se vérifie tous les jours expérimentalement, n'est du reste qu'un corollaire de la loi de la persistance du mouvement. Il n'y a donc pas de *spontanéité vitale,* au sens propre du mot, et cette expression, qui a cours encore dans le langage médical, n'a plus de raison d'être aujourd'hui que dans les écoles vitalistes.

Il résulte de cette activité vitale spéciale aux éléments anatomiques, que les cellules ont une certaine indépendance dans l'organisme, et que c'est la réunion de ces existences partielles qui constitue la vie du tout [1]. Chaque cellule commande pour ainsi dire à un *territoire cellulaire* dont elle est le centre d'action.

Les phénomènes de mouvement des cellules ont leur cause dans les mouvements mêmes du protoplasma qui ont été étudiés plus haut. Mais la présence et les propriétés de la membrane de cellule, quand elle existe, impriment un caractère particulier à ces mouvements. Quand la cellule est entourée par une membrane dure, résistante, le protoplasma se meut dans son intérieur sans pouvoir en modifier la forme; quand, au contraire, la membrane est mince, molle, élastique, ou quand elle est absente, les mouvements du protoplasma peuvent amener des changements de forme et même des mouvements de locomotion de la cellule. On peut donc distinguer deux espèces de mouvements :

1° Des mouvements intra-cellulaires; ils sont plus fréquents dans les cellules végétales; tels sont ceux du protoplasma des cellules des poils staminifères de l'éphémère de Virginie;

2° Des mouvements cellulaires proprement dits. On peut en reconnaître quatre espèces :

— Les mouvements amœboïdes, comme ceux des globules blancs du sang;

— Les mouvements contractiles, où toute la masse participe au mouvement, comme dans la fibre musculaire;

---

[1] Cette théorie de l'indépendance cellulaire a été émise pour la première fois par J. Goodsir, puis défendue avec talent par Virchow, qui l'est *annexée — more germanico —* et lui fait jouer un grand rôle en pathologie. (Voir, sur ce sujet : C. Robin, *Anat. et Phys. cellulaires,* p. 17 et suivantes.)

mouvements vibratiles, dans lesquels une partie loca-
a cellule prend part au mouvement; tels sont les mou-
des cils vibratiles de certaines cellules épithéliales; ·
mouvements de locomotion, dans lesquels la cellule se
en totalité : globules migrateurs connectifs; spermato-

veloppement de chaleur doit exister dans les cellules
s'y passe des phénomènes d'oxydation, mais on n'a sur
aucune donnée précise. Il e   de même de la produc-
ectricité.

tion cellulaire. — Chaq   cellule a, comme l'orga-
nt elle fait partie et dont e   st une sorte de miniature,
ation déterminée depuis so   igine jusqu'à sa fin.
nt longtemps on admettait, et certains auteurs (Ch. Robin,
admettent encore que des cellules peuvent naître dans
le (*cytoblastème* de Schwann, *blastème* de Robin) dé-
l'éléments cellulaires; c'était la *formation libre des cel-*
u à peu cependant des observations plus précises mon-
ue ce mode de formation cellulaire était beaucoup plus
qu'on ne l'avait cru, et bientôt il fut nié complétement
upart des histologistes, surtout en Allemagne, où Virchow,
t la formule de Harvey : *Omne vivum ex ovo*, en fit la
élèbre : *Omnis cellula à cellula.* Sans nier absolument la
n libre [voir les Expériences d'Onimus sur la genèse
ocytes (*Journal d'anatomie*, 1867), et celles de Mont-
(*ibidem*, 1868)], on peut affirmer aujourd'hui que la
n par *multiplication cellulaire* est de beaucoup la plus
e.

ître pourtant faudrait-il admettre, et des faits récemment
i tendraient à le prouver, un autre mode de génération
e intermédiaire entre la formation libre et la multiplica-
ulaire et auquel on pourrait donner le nom de *génération
smique* des cellules. Dans ce mode de génération, une
e protoplasma granuleux, amorphe, sans structure appré-
se segmente insensiblement en parcelles correspondantes
ules naissantes, dont les contours apparaissent peu à peu
masse plastique homogène. C'est surtout sur de jeunes
ns qu'on peut observer le mieux ce mode de naissance des
; ainsi, sur des embryons de brochet on voit des fibres

musculaires, des cellules nerveuses, des cellules épithélial
paraître dans une substance finement granulée et primitiv
amorphe. Il est vrai que cette masse de protoplasma prov
en réalité des cellules embryonnaires (voir : *Développemen*
pourrait encore, quoique indirectement, rattacher ce mode d
mation protoplasmique à la multiplication cellulaire; dans c
le protoplasma représenterait une sorte de stade interm
entre deux générations cellulaires, comme la plasmodi
myxomycètes représente une phase d'évolution interm
entre les dérivés amœboïdes des spores ciliées et les récep
des spores.

Les cellules animales des organismes supérieurs poss
trois modes de multiplication cellulaire : la génération endo
la génération par scission et la génération par bourgeonne

La *génération endogène* (*fig.* 37) ne se présente que da



Fig. 37. — Génération endogène.

cellules pourvues d'une membrane d'enveloppe. Le noyau
protoplasma se divisent en deux masses distinctes qui se c
portent chacune ensuite comme une cellule, tout en restant
tenues dans la membrane de la cellule mère. Cette segment

Fig. 37. — Œuf de *Nephelis* pendant la segmentation. *a*, *b*, globules résultant de l
mentation d'une moitié du vitellus. — *r*, segmentation commençante de la deuxième mo
— *g*, globule polaire. De nombreux spermatozoïdes sont interposés entre le vitellus et la
brane vitelline (Ch. Robin).

la façon suivante : le noyau s'étrangle circulairement se peu à peu en deux parties ; le protoplasma suit cette et il en résulte 2, puis 4, puis 8, etc., cellules, suivant ocessus de segmentation continue plus ou moins long-est ainsi que se fait la segmentation de l'ovule. Quel-e processus de segmentation ne s'accomplit pas d'une si parfaite ; ainsi le noyau seul peut y prendre part, et cellules à noyaux multiples ; d'autres fois, une partie t du protoplasma prend pa tation, l'autre stant indivise : telle est l partielle de omme chez les oiseaux. Da ltiplication cellu-ogène, la membrane de la re doit s'accroître voir contenir les génération successives qui se produi-son intérieur ; mais il arri éral un moment où issement s'arrête et où, la n ion endogène con-membrane de la cellule m rait, laissant échap-ttant en liberté les cellules nouvelles.

génération par scission ou *fissiparité*, le processus me ; c'est une segmentation qui débute par le noyau, se continue de façon à intéresser toute la cellule, mem-nveloppe comprise ; il en résulte que, dans ce cas, les velles cellules provenant de la scission de la cellule e deviennent immédiatement libres et indépendantes, mère disparaît en donnant naissance à deux cellules mode de multiplication cellulaire est le plus commun nme.

a *génération par bourgeonnement* ou *gemmiparité* page 222), il se fait sur un des points de la cellule gé-une saillie en forme de bourgeon qui s'accroît peu à nant toujours à l'organisme générateur par un pédi-devient de plus en plus étroit et finit enfin par se la cellule nouvelle se détache alors de la cellule mère ence une existence indépendante. Cette génération par nement, dont on trouve un exemple dans la levûre de très-répandue dans les organismes inférieurs, mais moins chez l'homme, où on la rencontre cependant ques cas (cellules de la rate).

verses formes de multiplication cellulaire paraissent nt liées aux mouvements du protoplasma. Ainsi la tion dans l'ovule est précédée d'un mouvement de

rotation du vitellus et s'accompagne de phénomènes de traction.

Une fois nées, les cellules éprouvent des changement



Fig. 38. — Génération par bourgeonnement.

forme, de véritables métamorphoses. Ces métamorphoses se de deux façons différentes : 1° la cellule conserve le type c laire, tout en changeant de forme ; 2° elle perd son caractèr

---

Fig. 38. — Formation du premier globule polaire de l'œuf de la *Limnæa* st (Ch. Robin).

physiologie se confond avec celle des tissus auxquels ils se rattachent.

L'exposé des différentes théories émises sur l'origine, la constitution et la signification de la cellule, et ce qu'on appelle en un mot *théorie cellulaire*, ne rentre pas dans le cadre de cet ouvrage.

Bibliographie. — SCHLEIDEN : *Beitræge zur Phylogenesis* (Archiv. für Anat., 1838). — SCHWANN : *Mikr. Untersuchungen*, etc., 1838. — M. SCHULTZE : *Das Protoplasma*, 1863. — W. KUHNE : *Untersuch. über das Protoplasma*, 1864. — W. HOFMEISTER : *Die Lehre von der Pflanzenzelle*, 1867. — Ch. ROBIN : *Anatomie et Physiologie cellulaires*, 1873. — R. VIRCHOW : *la Pathologie cellulaire*; trad. par P. PICARD; rev. par STRAUS, 1874. — Consulter en outre les *Traités d'histologie*.

CHAPITRE DEUXIÈME.

PHYSIOLOGIE DES TISSUS OU HISTOPHYSIOLOGIE.

Au point de vue physiologique comme au point de vue anatomique, les éléments et les tissus peuvent être divisés en deux grandes classes : les éléments (et les tissus) superficiels ou épithéliaux et les éléments (et les tissus) profonds qui comprennent tous les autres. La différence des rapports des deux classes avec le milieu extérieur a pour conséquence une différence essentielle dans leur mode de nutrition. Situés dans l'intimité de l'organisme et n'ayant avec le milieu extérieur que des rapports indirects par l'intermédiaire du sang et des tissus épithéliaux superficiels, les tissus profonds ne peuvent éliminer leurs déchets et les produits de leur usure que sous une forme qui leur permette de traverser les membranes des vaisseaux et les membranes épithéliales : liquides ou particules d'une ténuité extrême ; leur destruction est donc partielle, *moléculaire*, et il en est de même de leur renouvellement ; les matériaux constituants d'une fibre musculaire, par exemple, sont incessamment usés et éliminés au dehors et remplacés par des matériaux nouveaux sans que la fibre musculaire elle-même paraisse éprouver de changements appréciables ; la substance change, la forme reste. Pour les éléments épithéliaux, il n'en est plus de même ; placés à la limite de l'organisme, ils n'ont plus besoin de verser dans un milieu intermédiaire, le sang, leurs produits de déchet ; ils les éliminent directement sans être obligés de leur faire subir une liquéfaction

le; ils tombent et s'éliminent *in toto* (mue ou desquam-épithéliale) et leur renouvellement est total aussi; les ellules récemment formées remplacent et poussent devant cellules anciennes qui tombent entraînées mécanique-ors de l'organisme.

1° PHYSIOLOGIE DES TI :ONNECTIFS.

e que soit, au point de vue histologique, l'idée qu'on se s différents groupes de tissus connectifs, au point de vue gique, leurs analogies sont contestables et leur parenté être méconnue. Ils constitu t la trame et la charpente anisme dans laquelle sont ngés les tissus profonds et ouvrent les tissus épithélia , et sous ce rapport le nom *stance de soutien*, qui leur a été donné par quelques istes, se trouve parfaitement justifié. Il me semble, en s'ap-sur les données de l'histologie et de la physiologie com-que la disposition générale des tissus connectifs de l'or-peut être envisagée de la façon suivante. Cette masse ive est creusée de deux sortes de cavités: les unes logent ients profonds, fibres musculaires, cellules nerveuses, etc., trame connective des organes et des tissus; les autres ne re chose que des lacunes dans lesquelles circulent les sucs iers et leurs dérivés; parmi ces lacunes, les unes consti-1 système perfectionné de canaux dans lesquels le sang tenu, c'est le système vasculaire; un second ordre de , moins bien délimité, mais formant encore un tout con-t constitué par les vaisseaux lymphatiques; enfin, un ie et vaste système de lacunes, beaucoup plus irrégulier, t cette masse connective dans tous les sens et contient de ité provenant soit des vaisseaux, soit des tissus; ces der-acunes, lacunes connectives proprement dites, se conti-ivec les radicules lymphatiques et, par leur intermédiaire, ppareil sanguin; elles constituent en réalité de simples ces de la substance connective et peuvent présenter toutes iensions, depuis les cavités séreuses qui n'en sont que des ons colossales jusqu'aux canalicules imperceptibles que tent les tendons. Toutes ces lacunes, sanguines, lympha-connectives, offrent, dans leur intérieur, un élément ana-

tomique caractéristique, le globule blanc ou leucocyt
étudié à propos du sang et de la lymphe, globule blanc
rôle formateur est considérable, comme on l'a vu pour
bules rouges, et, d'après certains auteurs, A. Visconti entre
s'étendrait à tous les éléments et à tous les tissus. U
caractère de ces lacunes, c'est que, dès qu'elles prenn
certaine importance et qu'elles se perfectionnent en se dél
elles se tapissent de lamelles aplaties analogues aux l
épithéliales; c'est là ce qui constitue l'*endothélium*, rang
à côté des épithéliums, mais qui, en réalité, appartient au
connectifs. Le revêtement dit épithélial des séreuses, ce
vaisseaux, les cellules de Ranvier des tendons, etc., ap
nent à l'endothélium. Les endothéliums se distinguent
théliums parce qu'ils sont ordinairement simples (sauf d
synoviales), qu'ils ne présentent jamais de glandes
parce qu'ils proviennent tous du feuillet moyen du blasto
tandis que les épithéliums proviennent des deux autres f

Outre les globules blancs qui en constituent l'élément
ristique, les tissus connectifs contiennent d'autres éléme
lulaires spéciaux à tel ou tel groupe de ces tissus; telles
cellules plasmatiques et pigmentaires, les cellules adipeu
cellules cartilagineuses, les cellules osseuses; mais je
pour leur description aux traités d'histologie.

Excepté pendant la période de développement embry
(*fig.* 39, page 227), les tissus connectifs ne sont jamais co
par une agglomération pure et simple de cellules. Il s'in
toujours, entre les éléments cellulaires, une certaine qua
substance fondamentale, amorphe ou fibrillaire, variab
chaque groupe de tissu connectif. Sans entrer ici dans d
tails histologiques qui sont décrits dans les ouvrages sp
je me contenterai de donner le tableau résumé de ces d
formes :

1° Tissus connectifs proprement dits :
  a) Tissu muqueux; ex. : corps vitré.
  b) Tissu réticulé; ex. : réticulum des ganglions lympat
  c) Tissu fibreux; ex. : tendons, aponévroses, tissu cel
  d) Tissu adipeux; ex. : graisse.
2° Tissu élastique.
3° Tissu cartilagineux :
  a) Cartilage hyalin.

b) Fibro-cartilage.
c) Cartilage réticulé.

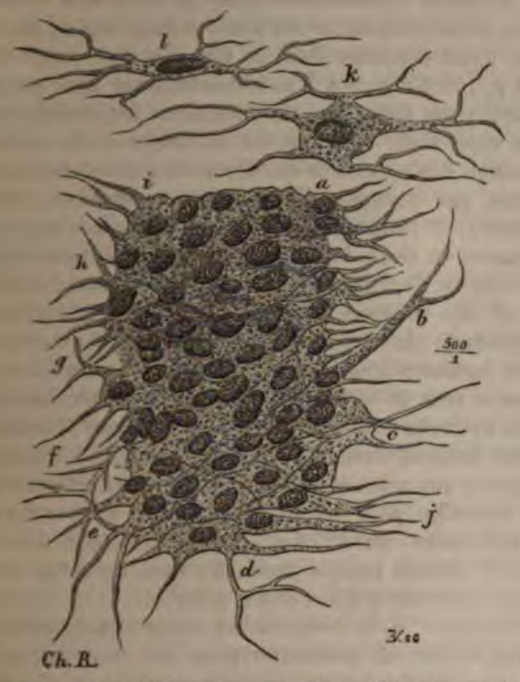


Fig. 39. — Tissu élastique embryonnaire. (Ch. Robin.) (Voir page 226.)

4° Tissu osseux :
a) Os.
b) Ivoire ou dentine.

A. — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES TISSUS CONNECTIFS.

Le *poids spécifique* des tissus connectifs varie dans des limites assez étendues, dont la graisse et le tissu osseux représentent les deux extrêmes. Aussi la graisse agit non-seulement comme substance de remplissage, mais en outre, par sa faible densité, elle allège le poids total de l'organisme et par suite la masse à mouvoir, d'où dépense moindre de force musculaire.

La *consistance* des tissus connectifs offre tous les degr depuis l'état diffluent et semi-liquide, comme dans le corps vit jusqu'à la dureté considérable, telle qu'on le voit dans les os les dents. Cette consistance est généralement en rapport avec quantité d'eau contenue dans le tissu ; ainsi le corps vitré co tient 98 p. 100 d'eau, l'os 5 p. 100 seulement. Leur *cohésion* en général assez forte, sauf pour les tissus les plus mous, comm le corps vitré. Cette cohésion est la résultante de deux action 1° l'adhésion des molécules des éléments connectifs les unes po les autres, par exemple d'une fibrille connective, ou *cohési moléculaire* ; 2° l'adhésion de ces éléments les uns avec les autr ainsi l'union de deux fibrilles entre elles, *cohésion élémentai* ou *parcellaire*. Ceci indique déjà que la cohésion des tissus co nectifs ne sera presque jamais uniforme et que leur rupture fera d'habitude plus facilement dans un sens que dans un autr ainsi un cartilage costal se brisera plus facilement en trave que dans le sens de sa longueur ; c'est encore plus marqué da les tissus à structure fibreuse, comme les tendons et les ligamen il est plus facile de dissocier les fibrilles que de les rompre.

Les forces qui agissent sur un tissu pour en détruire la coh sion, c'est-à-dire pour le rompre, peuvent s'exercer de quat façons différentes : par traction, par pression, par flexion et p torsion, et, suivant chaque mode d'action, les divers tissus co nectifs se comportent d'une façon différente.

La *résistance à la traction* est considérable pour certai tissus connectifs, en particulier pour les os et les tendons ; tendon d'un plantaire grêle supporte un poids de 15 kil. sans rompre. Si l'on prend pour unité de diamètre le millimètre carr on trouve que le *coefficient de cohésion*, c'est-à-dire le poid nécessaire pour rompre l'unité de diamètre des divers tissus co nectifs est le suivant :

Os	7,76	Artères	0,16
Tendons	6,94	Veines	0,12

Cette résistance à la traction a un rôle essentiel dans la mé nique de l'organisme ; c'est grâce à cette résistance des os, tendons, des ligaments, que nous pouvons accomplir une c taine somme de travail mécanique extérieur, jusqu'à la lim indiquée par la limite même de cohésion de ces différents tiss C'est dans la résistance à la distension des membranes con

tives (aponévroses, membranes fibreuses, etc.) que certaines actions physiologiques trouvent un adjuvant et un régulateur. (Ex. : rôle de l'aponévrose supérieure du périnée dans la défécation; rôle de la membrane du tympan dans l'audition.)

La *résistance à la pression* [1] est surtout prononcée dans le squelette osseux, dans les cartilages qui revêtent les surfaces articulaires, dans les disques ·rvertébraux, etc. Elle joue un rôle incessant dans la station ıs la marche; elle agit surtout dans le saut au moment où pieds touchent le sol et où le calcanéum se trouve pris entr sol résistant et l'astragale supportant le poids du corps ani d'une vitesse en rapport avec la hauteur de la chute.

Les *résistances à la flexion* *à la torsion* ne s'exercent que dans certaines circonstances rminées. Ainsi, quand la main soulève un poids, le bras ét horizontal, les os tendent à se fléchir sous l'influence du poi Dans l'inspiration, les côtes et les cartilages costaux sont lé ·ement tordus et cette torsion cesse pendant l'expiration, les cartilages et les os revenant à leur forme naturelle dès que les puissances musculaires inspiratrices ont cessé d'agir.

La structure des tissus connectifs est presque toujours en rapport avec leur fonction mécanique, c'est-à-dire avec la manière dont leur cohésion est mise en jeu et avec la direction des forces qui tendent à rompre cette cohésion. Quand les forces agissent habituellement par traction, la cohésion doit être plus forte dans le sens longitudinal, et les organes prennent la structure fibrillaire comme les tendons et les ligaments; quand la traction s'exerce non plus dans un seul sens, mais dans plusieurs, comme dans la distension des membranes fibreuses et des aponévroses, la structure est encore fibrillaire, mais les fibrilles, au lieu d'être parallèles comme dans les tendons, sont entre-croisées et dirigées dans plusieurs sens. Quand la résistance à la pression doit dominer, on trouve, comme dans la tête du fémur ou le calcanéum, une disposition spéciale des lamelles du tissu spongieux appelle le mécanisme des voûtes, ou une forme tubuleuse, ne dans la diaphyse des os longs, etc.

---

[1] peut employer, pour apprécier la résistance à la pression, l'*aiguille métrique* qui est figurée et décrite dans le chapitre des sensations s.

Les tissus connectifs interviennent aussi dans la cohésion des organes composés; ainsi le foie, le poumon, le cerveau doivent leurs degrés différents de cohésion, d'abord à la cohésion même de leurs éléments propres, glandulaires, nerveux, etc., et en second lieu à la présence et à la cohésion du tissu connectif qui entre dans leur composition; ainsi le foie, si pauvre en tissu connectif, le cerveau, dans lequel on ne trouve guère que du tissu réticulé, ont une cohésion très-faible, tandis que le poumon, très-riche en tissu élastique, présente une cohésion plus considérable.

L'*élasticité* des tissus connectifs joue un rôle essentiel dans beaucoup d'actes physiologiques. Dans la mise en jeu de cette élasticité, on doit distinguer avec soin deux phases successives: 1° le changement de forme du corps élastique sous l'influence d'une force quelconque; 2° le retour du corps à sa forme naturelle ou primitive lorsque cette force a cessé d'agir. Il faut donc distinguer la force élastique d'un corps, qui se mesure par la force nécessaire pour changer sa forme primitive, et la facilité avec laquelle ce corps revient à sa forme primitive ou la perfection de son élasticité. Ainsi, la force élastique du caoutchouc est faible, mais son élasticité est parfaite ([1]).

Les causes qui modifient la forme naturelle des corps élastiques sont les mêmes que celles que nous avons vues à propos de la cohésion; elles agissent par traction (extensibilité), par pression (compressibilité), par flexion (flexibilité) et par torsion. On aura donc, pour les tissus connectifs comme pour les autres corps, une élasticité de traction, une élasticité de pression, etc., et cette élasticité sera plus ou moins forte et plus ou moins parfaite.

Pour que l'élasticité se manifeste, il faut déjà que le tissu présente une certaine consistance; aussi ne peut-on guère parler de l'élasticité du corps vitré, par exemple. On peut diviser les tissus connectifs en deux grands groupes: le premier groupe est constitué par le tissu jaune élastique, faiblement mais parfaitement élastique; il change de forme sous l'influence d'une force très-faible, mais il revient exactement à sa forme naturelle; le second groupe comprend les tissus connectifs proprement dits, comme

---

([1]) On voit que, à ce point de vue, le langage scientifique ne s'accorde pas avec le langage usuel.

tendons et les ligaments ; leur limite d'élasticité est vite nte et seulement à l'aide de forces puissantes, et ils ne revien- ensuite qu'imparfaitement à leur forme naturelle; le carti- et les os représentent une sorte de groupe intermédiaire : les tissus connectifs proprement dits et le tissu jaune.

i reste, l'élasticité des tissus connectifs diffère non-seulement int la nature du tissu, mais encore suivant le genre d'élasti- L'élasticité de traction est plus marquée dans les os, les nents, les tendons; l'élasticité de pression dans les cartilages ulaires, etc.

élasticité des tissus connectifs a deux fonctions principales:

C'est une force permanent qui lutte contre des actions ianentes (ex. : pesanteur) ou .nporaires (action musculaire). i l'élasticité de compression ues disques intervertébraux et sticité de traction des ligaments jaunes maintiennent la rec- e de la colonne vertébrale continuellement inclinée en t par le poids des viscères. Dans l'expiration, l'élasticité de on des cartilages costaux et des côtes intervient pour rendre horax sa forme naturelle dès que les muscles inspirateurs cessé d'agir.

' Elle transforme un mouvement intermittent en mouvement inu ; ainsi l'élasticité des parois artérielles transforme le rant saccadé du sang artériel en un courant continu, comme e voit dans les capillaires.

'élasticité des tissus connectifs maintient donc à la fois et la ne des organes et la forme même du corps entier, et contre- ance continuellement les actions continues ou temporaires essions, pesanteur, actions musculaires, etc.) qui tendent à que instant à en changer la forme naturelle.

Les propriétés *optiques* des tissus connectifs n'ont d'impor- ce que dans deux organes appartenant à ce groupe et qui se uvent dans l'œil, la cornée et le corps vitré; ces propriétés ont étudiées avec la vision.

B. — ROLE DES TISSUS CONNECTIFS DANS L'ENDOSMOSE.

Les tissus connectifs sont en rapport de tous côtés avec les uides de l'organisme, sang, lymphe, transsudations séreuses,

liquides qui, au point de vue chimique, peuvent être considérés comme des solutions salines de substances albumineuses, ou, au point de vue de l'endosmose, comme des solutions de colloïdes et de cristalloïdes. Ces liquides imbibent donc les membranes connectives, et les lois de cette imbibition paraissent être à peu près les mêmes que celles de l'imbibition des corps poreux, cependant avec quelques restrictions. En effet, si l'histologie démontre dans certains tissus connectifs, par exemple les tendons, de véritables pores et des canalicules capillaires comparables aux pores des membranes artificielles, il en est d'autres dans lesquels ces pores sont loin d'être démontrés. Il faut donc distinguer l'*imbibition capillaire*, dans laquelle le liquide d'imbibition pénètre dans des espaces préformés, et l'*imbibition moléculaire*, comparable au gonflement des colloïdes dans un liquide, et dans laquelle le liquide pénètre dans les espaces qui séparent les molécules de la membrane imbibée. Cette imbibition moléculaire présente certaines conditions importantes à connaître. La première, c'est que ces tissus, en s'imbibant, augmentent de volume; mais l'augmentation de volume ne correspond pas à la quantité d'eau introduite, et H. Quincke a démontré que cette imbibition s'accompagne d'une contraction. Une seconde condition, c'est que les tissus s'imbibent plus dans l'eau distillée que dans l'eau saline et que, par conséquent, le liquide qui imbibe une membrane sera moins concentré que le liquide dans lequel la membrane est plongée ; ceci explique pourquoi les transsudations séreuses sont en général moins concentrées que le plasma sanguin.

L'imbibition est la condition essentielle des phénomènes endosmotiques. Pour que des liquides puissent traverser une membrane, il faut que cette membrane puisse s'imbiber, puisse être mouillée par ces liquides. Aussi les membranes connectives, dépourvues de pores, ne se laissent traverser que par l'eau, les solutions aqueuses et les liquides miscibles à l'eau ; elles opposeront donc une barrière insurmontable aux liquides gras ou aux émulsions graisseuses, quelque finement divisées qu'elles puissent être.

Les liquides peuvent traverser les membranes connectives sous deux influences diverses : par filtration et par endosmose.

Dans la *filtration*, le liquide traverse la membrane sous une certaine pression ; c'est ainsi que le plasma sanguin transsude à

de sel marin et dans le verre A de l'eau pure, il s'établi
courant d'eau de A en B, un courant de chlorure de sodi
B en A, jusqu'à ce que les deux solutions soient également
en A et en B. Il y a un rapport constant entre le poids de
qui traverse la membrane et le poids de la substance di
qui la traverse en sens inverse, et on appelle *équivalent*
motique la quantité d'eau nécessaire pour faire passer à t
la membrane un gramme de la substance dissoute; cet é
lent endosmotique est très-faible pour les substances cristall
comme le sel; très-fort, au contraire, pour les substance
loïdes; aussi faut-il, pour qu'une très-faible quantité de c
traverse par endosmose une membrane connective, qu'il
en sens inverse une énorme quantité d'eau. L'appréciati
effets endosmotiques se fait soit par la hauteur du liquide
le tube de l'endosmomètre, soit par le temps que le liquid
à arriver à une hauteur déterminée. Carlet a construit un
reil, l'*osmographe*, qui permet l'enregistrement direct des
tions de niveau du liquide de l'endosmomètre [1].

L'endosmose varie suivant diverses conditions bien ét
par les physiciens. L'équivalent endosmotique des chloru
très-faible; celui des nitrates et des sulfates est plus grand;
des phosphates est considérable; celui des bases est très-fort
des acides très-faible; celui des sels acides plus petit que
des sels neutres. La concentration de la solution augme
vitesse de l'endosmose; la chaleur la favorise. Il en est de
de l'affinité chimique; l'endosmose est plus forte entre l
mine et l'eau salée qu'entre l'albumine et l'eau; si l'affin
très-forte, le courant peut se produire d'un seul côté; ainsi,
met en présence un acide et un alcali, le courant va vers l'

Il est très-rare, dans l'organisme vivant, que les deux li
qui baignent une membrane soient exactement à la même pre
aussi la filtration accompagne-t-elle presque toujours l'endos

---

(1) Ch. Bouland a construit, avec des vessies et des estomacs d
nouille et d'autres réservoirs membraneux, une série d'instrument
ingénieux qui peuvent servir à étudier les propriétés physique
bibition, de filtration, d'endosmose et d'élasticité des membranes an
Ces instruments sont : l'*hygromètre gastrique*; le *synelcomètre*, de
mesurer la rétractilité des membranes; l'*élastomètre*; le *diapnomètr*
apprécier l'état de la transpiration cutanée, et l'*osmopneumètre*, po
dier l'endosmose des gaz et des vapeurs. Pour la description et l'u
ces divers appareils, voir le travail de Ch. Bouland : *De la Contr*
physique, dans *Journal de l'Anatomie*, 1873.

suffit pour la réparation, peu active du reste, de leurs él
aussi se trouvent-ils sous la dépendance immédiate de ce
dont ils reçoivent leurs matériaux de nutrition ; tels sont
ports du cartilage d'encroûtement avec les extrémités c
articulaires. Dans les tissus vasculaires, au contraire, l
tion se fait directement par le sang.

On ne connaît que très-incomplétement le mode de n
des tissus connectifs ; on ne sait d'une façon précise ni qu
leurs produits de déchet ni quels sont leurs matériaux
paration, et la forme sous laquelle les uns s'éliminent et le
s'introduisent, nous est à peu près inconnue.

La physiologie des globules blancs sera étudiée à pro
organes lymphoïdes.

La *sensibilité* des tissus connectifs est en général t
marquée. Cependant quelques-uns, moelle osseuse, périos
sont assez riches en filets nerveux et peuvent, dans certa
présenter une sensibilité très-vive.

Ces tissus proviennent tous du feuillet moyen du blast

Bibliographie. — *Traités de Physique médicale.* — W. Weber : *Ueber*
ticität fester Körper (Poggendorff's Annalen, 1841). — Wertheim :
l'élasticité et la cohésion des principaux tissus du corps humain (Annales
et de Phys., 1847). — Wundt : *Ueber die Elasticität feuchter organisch*
(Muller's Archiv, 1857). — Dutrochet : *De l'Endosmose*, 1837. — Gra
osmotic force (Philos. Trans., 1854). — A. Bouchard : *Du Tissu conne*

2° PHYSIOLOGIE DES ÉPITHÉLIUMS.

Les tissus épithéliaux sont constitués par une ou pl
couches de cellules épithéliales appliquées sur une membrane connective et vasculaire sous-jacente. Quand il n'y a qu'une seule couche de cellules (*fig.* 41, A, B), l'épithélium est dit *simple* ; il est *stratifié* quand ces cellules forment plusieurs couches superposées (*fig.* 41, C). Les cellules épithéliales juxtaposées ou superposées sont agglutinées ensemble par une sub-



Fig. 41. — Épithéliums

Fig. 41. — A, épithélium pavimenteux. — B, épithélium cylindrique. — C,
stratifié. (Küss.)

trouve une couche épithéliale simple ou stratifiée. L'excepti qu'on avait cru exister pour la muqueuse des vésicules pulm naires ne s'est pas confirmée; il est aujourd'hui prouvé qu'un épithélium tapisse ces vésicules; mais cet épithélium, très-délicat, se détruit avec la plus grande facilité. De la continuité de l'épithélium dérive un fait physiologique très-important, c'est que : *toutes les substances qui doivent pénétrer dans l'organisme, comme toutes celles qui doivent en sortir, sont forcées de traverser une membrane épithéliale.*

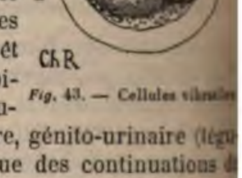


Fig. 43. — Cellules vibrati

L'épithélium se présente sous deux formes principales : l'épithélium tégumentaire et l'épithélium glandulaire.

L'*épithélium tégumentaire* est étalé et constitue, comme l'indique son nom, une sorte de couverture qui s'étend sur les parties sous-jacentes; c'est lui qui revêt toute la surface extérieure du corps (épiderme, tégument externe) et les muqueuses des cavités digestive, respiratoire, génito-urinaire (tégu ment interne), muqueuses qui ne sont que des continuations d tégument externe.

L'*épithélium glandulaire* (*fig.* 44) n'est qu'une transformati de l'épithélium tégumentaire. Une glande, sous sa forme la plus simple, n'est qu'une dépression de l'épithélium (*fig.* 45, B, page 239), dépression qui présente tantôt l'aspect d'un tube terminé par un cul-de-sac de même diamètre (*fig.* 45, B, page 239), comme dans les glandes en tube; tantôt la forme d'une bouteille terminée par un cul-de-sac dilaté ou *acinus* (*fig.* 45, C, page 239), comme dans les glandes en grapp Les cellules épithéliales qui tapissent le cul-de-sac glandulair offrent souvent des caractères différents de ceux des cellules d

Fig. 44. — Cellu glandulaires.

Fig. 43. — Cellules épithéliales cutanées d'Axolotl. — *a, b, c*, cellule naturelle. — *d, e*, cellule gonflée par l'eau. (Ch. Robin.)

La *cohésion* des tissus épithéliaux est en général asse sauf pour le tissu corné; les ongles, les poils, présent assez grande résistance à la distension ; mais cette résista distension est bien plus faible pour l'épiderme cutané; voit-on se fendiller quand la distension de la peau est trop loin, comme dans la grossesse ou les cas de tumeu minale. La résistance à la pression est plus marquée ; ai derme du talon supporte tout le poids du corps sans dim notable de son épaisseur.

L'*élasticité* des tissus épidermiques, comme les poils et le les seuls pour lesquels on puisse l'apprécier, est très-im

Les tissus épithéliaux sont *transparents* et laissent assez facilement les rayons lumineux : cette propriété acquiert une importance exceptionnelle dans le cristallin étudiée avec la vision.

Ils sont *mauvais conducteurs* de la chaleur et de l'él et constituent à ce point de vue une véritable barrière q nue la déperdition de chaleur par rayonnement qui se à la surface de l'organisme. Les poils surtout jouent très-important sous ce rapport, spécialement chez c espèces animales.

La *capacité d'imbibition* des tissus épidermiques e marquée, à moins que ces tissus ne soient recouverts d'u gras, comme sur presque toute la surface cutanée ; on s quelle facilité l'épiderme de la paume de la main ou de l des pieds (dépourvues de glandes sébacées) se gonfle dans et l'emploi du cheveu dans l'hygromètre de De Saussure immédiatement le pouvoir hygroscopique des tissus épit

Les lois physiques de l'*endosmose*, applicables (ou à p comme on l'a vu plus haut, aux membranes connectiv sont plus exactement aux membranes épithéliales. C'e effet, ici, un facteur nouveau intervient, l'activité spécia cellule épithéliale, qui modifie les phénomènes de filtr d'osmose. Il semble y avoir une sorte d'*action élective* quelle certaines substances sont arrêtées au passage, ta d'autres traversent facilement les membranes épithéliales.

lambeaux d'épithélium, mais qui, à l'état pathologique des espèces animales, peut porter sur des parties très- ou même sur la totalité du revêtement épithélial. C épithéliale se fait non-seulement pour l'épiderme cuta encore pour la plus grande partie du revêtement tégu interne; ainsi l'épithélium intestinal paraît tomber dar valle de chaque digestion. Cette desquammation épith précédée souvent d'une transformation chimique des (surtout graisseuse). L'élimination des épithéliums est do et non moléculaire comme celle des tissus profonds, et l vellement est total aussi; ni le sang, ni la lymphe ne r sauf certains cas exceptionnels, les déchets des tissus épi Ceci est vrai même pour les tissus épithéliaux qui para plus profondément situés, comme les glandes dont les excréteurs maintiennent la communication de la surface laire avec la surface tégumentaire, c'est-à-dire avec l'ext

La *sensibilité* des tissus épithéliaux est nulle, mais l dans les diverses sensations est très-important (voir : *Sen* et de plus, il peut s'interposer, entre les éléments épi purs, des éléments nerveux qui donnent au tissu épith sensibilité d'emprunt, comme dans la cornée.

C. — RÔLE PROTECTEUR DES ÉPITHÉLIUMS.

Les épithéliums ont en premier lieu un rôle puremen nique; partout où des pressions répétées, des frottement raient léser les parties superficielles du corps, l'épit devenu couche cornée de l'épiderme, agit comme orga tecteur; il agit de même en présence des substances ch qui détruiraient rapidement les cellules plus délicates des profondes. Mauvais conducteur du calorique, l'épiderme cialement ses annexes, poils, cheveux, etc., s'opposent, certaines limites, aux déperditions de chaleur et peuve prévenir les effets d'une chaleur trop intense; ainsi les protégent la tête contre l'insolation.

Les épithéliums représentent des adjuvants indispens certaines fonctions. Les papilles cornées de la langu palais de certains animaux interviennent dans les phén

par cette surface correspond l'absorption facile de cette substan
et *vice versâ*.

1° *Absorption des gaz et des substances volatiles par les é
théliums.* — La surface pulmonaire, dont l'épithélium si frag
et si délicat se rapproche tant des endothéliums (Bühl, Debo
occupe la première place à ce point de vue, tant pour l'abso
tion physiologique de l'oxygène dans la respiration que p
l'absorption accidentelle des gaz et des substances volatiles.
peau, qui, même chez l'homme, est le siége d'une respiration
dimentaire, paraît, d'après les recherches les plus récentes,
confirment en ce point l'opinion de Bichat, pouvoir absorber
substances volatiles. Pour la muqueuse intestinale, où la res
ration est plus rudimentaire encore, cette absorption est probal
sans qu'elle soit démontrée d'une façon positive.

2° *Absorption des liquides et des substances solubles.* — C'
surtout dans l'absorption des liquides et des substances solub
que se montre le mieux la spécialité d'action des surfaces é
théliales. Si l'on s'en tient à l'eau et aux principes que l'eau p
dissoudre, on voit certaines muqueuses, comme la muque
pulmonaire, l'absorber en quantité presque illimitée, tandis q
l'épithélium vésical paraît presque réfractaire à l'absorption. L
muqueuse intestinale, qui absorbe si rapidement la glycose et l
peptones, n'absorbe qu'à peine ou très-lentement certaines su
stances toxiques et les virus. Enfin l'absorption cutanée ne s
fait que lorsque l'enduit sébacé de la peau a été enlevé par diff
rents moyens chimiques ou mécaniques.

3° *Absorption de la graisse.* — Le mécanisme de l'absorpti
de la graisse dans l'intestin sera étudié plus tard (voir : *Absorpti
digestive*). Partout ailleurs, sauf peut-être la peau dans des ci
constances particulières, l'épithélium, imprégné d'eau, est réfra
taire à l'absorption graisseuse (voir, pour les détails, le chapitr
Absorption de la Physiologie spéciale).

E. — RÔLE DE L'ÉPITHÉLIUM DANS L'ÉLIMINATION.

1. — EXHALATION.

L'exhalation n'est autre chose que l'élimination des gaz et d
substances volatiles. L'exhalation gazeuse physiologique co

dans le sang et dans la lymphe; ce genre de sécrétion s proche beaucoup des transsudations des séreuses; mais i pas simple filtration; l'action élective de l'épithélium s' au passage et fait varier la proportion des principes de la tion comparativement à la composition du plasma lymph ou sanguin. A cette catégorie appartiennent les sécrétion naires, la sueur, les larmes, etc.

Les principes les plus importants passant ainsi par fil sont: l'eau, les sels du plasma (chlorures de sodium, de pota phosphates, sulfates, chaux, magnésie, etc.), l'acide carbo l'albumine (traces), les matières extractives, créatine, urée urique, la glycose, la cholestérine, etc.

2° *Sécrétions proprement dites avec production de pri nouveaux.* — Ici, l'activité glandulaire spéciale intervient coup plus énergiquement que tout à l'heure; la cellule liale n'agit plus comme un simple filtre; elle modifie au p la nature même des produits qui la traversent, ou crée dépens des produits nouveaux. Dans cette classe se ran plupart des sécrétions digestives (salive, suc gastrique, etc.

Les produits ainsi formés par les cellules glandulaires pour ainsi dire avec chaque glande sans que jusqu'ici l'his et la physiologie aient pu éclaircir leur mode de prod Ainsi on n'a pas encore expliqué d'une façon satisfaisa transformations chimiques qui font apparaître l'acide ch drique dans le suc gastrique, l'acide sulfocyanhydrique d salive, les acides biliaires dans la bile. La formation de la c du lait, des ferments solubles des sécrétions digestives, n'e mieux expliquée.

3° *Sécrétions par desquammation glandulaire.* — Da sécrétions précédentes, la cellule glandulaire conserve so grité; elle ne fait qu'abandonner à l'extérieur les principes traversent ou qu'elle a formés; ici, la cellule elle-même et s'élimine, et contribue par conséquent à former le prod sécrétion. Cette desquammation glandulaire, tout à fait c rable à la desquammation épithéliale qui se remarque su derme cutané, est en général précédée d'une transforn chimique des cellules glandulaires; cette transformati tantôt graisseuse, comme dans les sécrétions sébacées, muqueuse, comme dans les mucus. La graisse et la mucine tituent les produits spéciaux de ce groupe de sécrétions.

azotés et non azotés, de graisse et de sels pour les diff
sécrétions. Les trois dernières analyses ont été prises sur le

	Densité.	Réaction.	Eau.	Parties solides.	Albuminoïdes.	Principes azotés.	Principes non azotés.	[illegible]
	—	—	—	—	—	—	—	—
Urine	1,018	Acide	960	40	—	25	traces.	—
Sueur	1,004	Acide	995	5	—	1,611	0,317	0,[illegible]
Larmes	—	Alcaline. . . .	982	18	5	—	—	—
Bile	1,028	Neutre	862	138	—	104	26	traces
Lait	1,031	Amphotère (?).	886	114	36,77	—	45,92	25,[illegible]
Colostrum . .	—	Alcaline. . . .	858	142	80	—	43	20
Sperme	—	Neutre.	900	100	60	—	—	—
Salive mixte .	1,006	Alcaline. . . .	995	5	2,96	—	—	—
Suc gastrique.	1,005	Acide	973	27	17,1	—	—	—
Suc pancréat.	1,010	Alcaline. . . .	901	99	90,44	—	—	—
Suc entérique	1,011	Alcaline. . . .	975	25	—	—	—	—

Quantité de la sécrétion. — La quantité de liquide
varie pour chaque sécrétion. Considérable en général po
sécrétions par filtration et les sécrétions proprement dit
est plus faible pour les deux dernières catégories. Cette q
n'est pas en rapport avec le volume de la glande et av
poids, comme on peut le voir par le tableau suivant.

	Quantité en 24 heures.	Quantité par kilogramme du poids du corps.	Poids des glandes.	QUANTITÉ PAR KILOGRAMME DE			
				Quantité de sécrétion.	Quantité de parties solides.	Quantité de sels.	
	—	—	—	—	—	—	
Urine.	1,500 gr.	40 gr.	180 gr.	8,333 gr.	222 gr.	88 gr.	
Bile.	1,000	14	1,450	689	95	5	
Lait.	1,350	22	500 (?)	2,700	227	3	
Salive.	900	13	68	13,200	71	27	
Suc pancréatique.	250	3,6	70	3,500	1,417	125	1

On voit, par ce tableau, quelle différence il y a, à poids
entre l'activité des diverses espèces de cellules glandulaire

La quantité de la sécrétion varie suivant certaines con
étudiées pour chaque sécrétion en particulier, et ces vari
sont plus marquées pour les sécrétions du premier group
pour les autres.

Aux variations de la quantité totale de la sécrétion corr
dent des variations de quantité des divers principes qui la
tituent; mais tous ces principes ne varient pas dans le
rapport. L'eau d'abord, et en seconde ligne les principes sa
contribuent beaucoup plus que les substances albumin
aussi, en général, quand une sécrétion augmente, elle devi

varier cette pression ; c'est là, à proprement parler, l'*acte prépa*
ratoire de la sécrétion ;

2° Une *activité des cellules glandulaires* qui prennent dans la lymphe les matériaux nécessaires pour la sécrétion et les modi-
fient plus ou moins ; cette deuxième phase est l'*acte essentiel* de la sécrétion ; il est sous la dépendance médiate de la premi
phase, en ce sens que la filtration fournit le liquide dont
besoin les cellules glandulaires et le renouvelle si la provision
est épuisée ; sans cela la sécrétion s'arrêterait faute d'alim
mais il en est indépendant d'une façon immédiate.

En effet, on peut abolir isolément chacun des deux proc
sans enrayer l'autre. On a vu plus haut que la sécrétion conti
sur une tête coupée, et il en est de même si on interromp
circulation dans la glande ; la salivation continue pendant
certain temps. D'un autre côté, on peut arrêter la sécrétion,
en laissant la filtration sanguine se produire ; si, par une inject
de carbonate de soude dans le conduit salivaire, on détruit l'
tivité des cellules glandulaires et qu'on augmente la pres
sanguine par l'excitation de la corde du tympan, la filtra
sanguine continue à se faire, mais la glande ne sécrétant
le liquide transsudé s'accumule dans les lacunes lymphati
et la glande s'œdématie. (Gianuzzi.)

Le rôle des nerfs dans les sécrétions est en rapport avec
mécanisme qui vient d'être expliqué. A chacun des deux
de la sécrétion correspond une catégorie spéciale de nerfs : à
filtration, des *nerfs vasculaires*, qui règlent la circulation
dulaire et la pression sanguine ; à la sécrétion propremen
des *nerfs glandulaires*, qui agissent directement sur les cell
épithéliales des *acini*.

L'indépendance de ces deux actes n'empêche pas qu'ils
marchent en général ensemble et du même pas ; habituelle
quand la filtration s'exagère, la sécrétion s'exagère aussi, et
versâ. En effet, une sécrétion intense suppose un renouvel
plus fréquent de la lymphe périglandulaire et une activité
grande de l'acte préparatoire de la sécrétion ; c'est là ce
explique le fait observé par Cl. Bernard, que le sang veineux
glandes en activité est rouge clair et non rouge foncé, par
de l'accélération de la circulation glandulaire.

Rôle des sécrétions. — Les sécrétions ont tantôt un

à 280 par seconde, et sont tout à fait indépendants du système nerveux et de la circulation, car ils persistent sur des cellules détachées; mais, par contre, le mouvement s'arrête quand les cils sont détachés de la cellule qui les supportait. Ces mouvements subsistent assez longtemps après la mort, et on les a observés encore au bout de trente heures et plus chez des suppliciés (Ordonez, Gosselin, Robin); chez les animaux à sang froid, ils peuvent persister plusieurs jours. Quand ces mouvements sont arrêtés, une solution diluée de potasse ou de soude les fait reparaître de nouveau (Virchow). L'oxygène favorise le mouvement vibratile; l'acide carbonique et l'hydrogène le font disparaître (Kühne). Quels sont la nature et le mode de ce mouvement? Il ne peut y avoir aujourd'hui le moindre doute, et le mouvement vibratile n'est qu'un cas particulier des mouvements du protoplasma. En effet, le contenu des cils se continue, d'après des recherches récentes, avec le contenu de la cellule épithéliale et les cils se comportent avec les différents réactifs de la même manière que le protoplasma (coagulation à + 40°, action des alcalis, etc.). Le mouvement vibratile présente aussi de grandes analogies avec le mouvement musculaire; ainsi il n'est pas aboli par le curare, à moins qu'il ne soit en solution très-concentrée.

Ce mouvement vibratile s'observe dans les voies respiratoires (larynx, trachée et bronches, où il est dirigé vers l'extérieur), la muqueuse nasale, les trompes utérines, etc.

Le rôle du mouvement vibratile ne paraît avoir d'importance chez l'homme que dans les voies respiratoires, pour transporter vers le larynx, pour être expulsées par la toux, les mucosités et les poussières qui ont pénétré dans l'arbre aérien avec l'air inspiré. (Voir aussi le chapitre de la *reproduction*.)

Bibliographie. — W. His : *Die Häute und Höhlen des Körpers*, 1865. — Ch. Robin : *Des Eléments anatomiques et des Epithéliums*, 1867. — E. Cabadé : *Essai sur la physiologie des épithéliums*, 1867. — Henle : *Syst. Anatomie*, t. III. — L. Ranvier : Art. *Epithélium*, du *Nouveau Dict. de méd. et de chir. pratiques*, t. XIII. — Farabœuf : *De l'Epiderme et des Epithéliums*, 1872.

3° PHYSIOLOGIE DU TISSU MUSCULAIRE.

a. — Tissu musculaire strié.

La fibre musculaire striée (*fig.* 46, page 253) représente le plus haut degré de perfectionnement de la substance contractile. La

tuée par l'enroulement spiroïde d'un filament légèrement aplati, de ruban contourné en hélice sur lui-même, au bord duquel c pondent les stries transversales obscures, tandis que les stries c ne sont autre chose que les intervalles des tours de spire [1].

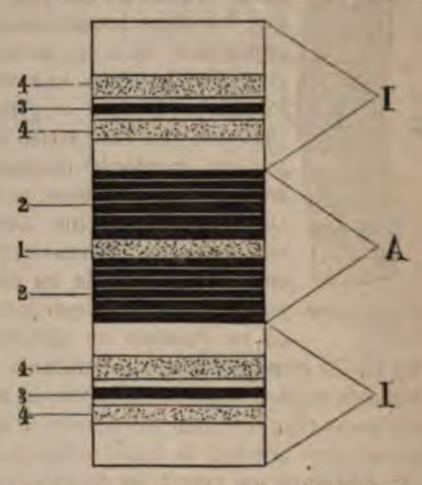


Fig. 47. — Schéma de la fibre striée. (Voir page 253.)

Le tissu musculaire strié est constitué par la juxtapositio fibres musculaires primitives; ces fibres, sauf quelques ex tions (cœur, langue), sont parallèles entre elles et réunie faisceaux contenus dans une gaîne connective (*périmysium terne*); ces faisceaux eux-mêmes se groupent en faisceaux se daires, tertiaires, etc., pour former le muscle qui est lui-m entouré d'une gaîne fibreuse, *périmysium externe.*

Les fibres musculaires ne vont pas, en général, d'une extr à l'autre du muscle, à moins que celui-ci ne soit très-c d'après Rollett, leur longueur ne dépasserait pas 4 centimè

Les vaisseaux des muscles sont très-nombreux ; les capil constituent un réseau de mailles rectangulaires qui entoure

---

(1) Voir, pour plus de détails, les *Traités d'histologie* et les mémoire ciaux de Rouget, Rollett, Cohnheim, Hensen, Krause, Heppner, M Engelmann, etc.

Fig. 47. — I, substance isotrope. — A, substance anisotrope. — 1, bande claire en deux moitiés, 2, 2, la substance anisotrope. — 3, bande foncée coupant en deux stance isotrope ou strie intermédiaire. — 4, 4, stries accessoires claires.

Élasticité musculaire. — L'élasticité musculaire a é
étudiée par Ed. Weber. Cette élasticité est très-faible, m
est sinon parfaite, au moins très-rapprochée de la per
le muscle s'allonge facilement sous l'influence de poi
faibles et revient ensuite exactement à sa longueur pri
Ces allongements du muscle ne sont pas exactement
tionnels aux poids qui le tendent; l'allongement dim
mesure que les poids augmentent et la courbe d'élastici
culaire, au lieu d'être une ligne droite, se rapproche de l
bole. (Wertheim.)

La limite d'élasticité du muscle est assez vite dépassée;
trocnémien de grenouille chargé d'un poids de 100 gram
revient plus à sa longueur primitive.

A l'état d'activité ou de contraction, le muscle est moi
tique, c'est-à-dire qu'il est plus extensible. (Weber.) I
prouver, Weber a construit avec des fibres musculaires u
de balance de torsion analogue à la balance de Coulomb,
vu que les oscillations de l'aiguille étaient plus rapides
muscle en repos que pour le muscle actif. Ce fait expliq
expérience curieuse de Weber : si on charge d'un poids c
rable un muscle en repos, quand ce muscle se cont
s'allonge au lieu de se raccourcir; cela tient à ce que le r
cissement dû à la contraction n'a pas été suffisant pour con
l'allongement dû à la diminution d'élasticité. Pour que
rience réussisse, il faut que le muscle soit déjà fatigué. W
du reste, comme l'a montré Volkmann, exagéré la dim
d'élasticité du muscle actif.

Wundt est arrivé à des résultats contraires à ceux de
Donders et Van Mansveldt, qui ont expérimenté sur le
(biceps et brachial antérieur), sont aussi en opposition
théorie de Weber. Ils opéraient de la façon suivante : l
est fixé sur une sorte de matelas qui supporte un quart d
divisé dont le coude occupe le centre; l'humérus est v
l'avant-bras horizontal, et le poignet supporte des poids
fait varier l'intensité; à un moment donné on coupe le
retenait le poids et l'avant-bras se fléchit d'une certaine q
appréciable par le nombre de degrés du cadran; plus l
est considérable, plus l'écart entre l'horizontale et la flex
grand; cet écart croît avec le poids dont on charge l'ava
Ils sont arrivés ainsi aux conclusions suivantes :

Des controverses nombreuses se sont élevées sur la question savoir si la tonicité et l'élasticité musculaires étaient sous l'influe de l'innervation. Plusieurs expériences semblent prouver c influence. La plus connue est l'expériencee de Brondgeest. Il s tionne, sur une grenouille, la moelle au-dessous du bulbe, p coupe les nerfs de la jambe d'un seul côté; alors, en suspendant grenouille par la tête, il voit que toutes les articulations de la jam du côté opéré sont plus lâches et moins fléchies et en conc que la moelle fournit aux fléchisseurs une innervation perm nente. Une expérience de Liégeois parle dans le même sens coupe le nerf sciatique d'un seul côté et sectionne les deux musc gastrocnémiens; le muscle du côté paralysé se raccourcit mo que celui du côté intact. Cependant Heidenhain a constaté qu' muscle placé par un poids dans un certain degré de tension s'allonge pas par la section du nerf qui s'y rend.

L'innervation et la circulation ont pourtant une certai influence sur l'élasticité musculaire comme sur celle de tous l tissus vivants, mais par leur action sur la nutrition des tiss Quand on intercepte la circulation dans un muscle, il devie plus élastique (moins extensible), mais son élasticité est moi parfaite. Cette diminution d'extensibilité et l'imperfection l'élasticité sont encore plus marquées dans les muscles en état rigidité cadavérique.

Production d'électricité, courant musculaire. — Voir *Électricité animale*.

B. — PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES DU TISSU MUSCULAIRE.

Nutrition. — La nutrition du tissu musculaire est très-activ Un muscle, même à l'état de repos et privé de sang, absorbe l'oxygène et élimine de l'acide carbonique, est le siége, par con séquent, d'une véritable respiration. Mais ces phénomènes ch miques augmentent dans le muscle en activité; l'absorptio d'oxygène et l'exhalation d'acide carbonique s'accroissent, l deuxième en plus forte proportion que la première; mais ce n sont pas là les seules actions chimiques qui se produisent; l'extra aqueux diminue, l'extrait alcoolique augmente; en même tem le muscle devient acide et cette acidité, due en grande p l'acide lactique, s'accroît avec l'intensité de l'activité musc

après la section des nerfs moteurs, tandis que l'excitabilité n
était perdue au bout de quatre jours. Dans toutes ces exp
il est vrai, on peut objecter que la persistance de l'ir
peut tenir à l'intégrité des plaques motrices terminales, d
et indépendantes jusqu'à un certain point des nerfs
Mais l'objection ne peut s'appliquer à l'observation suiv
on examine au microscope des fibres musculaires viva
trouve facilement des tronçons de fibre évidemment dé
de plaques terminales et qui sont le siége de contracti
nettes; le même fait peut s'observer sur certaines por
muscles dépourvues de fibres nerveuses, telle est l'extré
muscle couturier de la grenouille. (Kühne.) Ce phénomèn
reste, rien d'anormal et s'accorde avec des faits déjà con
substance musculaire n'est qu'une forme de protoplasma
tile, et on a vu que ces mouvements du protoplasma son
tiellement propres à cette substance et indépendants d
action nerveuse.

La *contraction idio-musculaire* a été aussi invoquée en
de l'irritabilité propre du tissu musculaire. Si on per
muscle avec le dos d'un scalpel ou avec la main, on
gonflement localisé qui, pendant quelque temps, reste li
point excité du muscle. L'expérience réussit mieux sur de
affaiblis (Schiff); mais, dans ce cas, on excite en même
les ramifications nerveuses terminales. Le même phé
peut être observé après la mort, et cette contraction idio-
laire peut même déterminer des mouvements assez éten
membres.

L'irritabilité musculaire ne peut entrer en jeu que p
excitation préalable. Les excitants de l'irritabilité sont
mier lieu l'action nerveuse qui représente l'excitant n
physiologique de la contractilité, et en second lieu d
tants qu'on peut appeler accidentels. Dans cette catégo
trent toutes les influences mécaniques, chimiques et ph
qu'on fait agir *immédiatement* sur le tissu musculaire
Telles sont les actions mécaniques (tension, percussi
qûre, etc.), physiques (électricité, chaleur, etc.), ch
(eau distillée injectée dans les vaisseaux, solutions é
de sels métalliques, glycérine étendue, acides dilués, c
alcalins, acide lactique affaibli, ammoniaque, etc.). Il est
dans bien des cas, même quand on porte l'excitation

cle lui-même, de savoir si on a excité la substance mus-re seule ou bien les terminaisons périphériques des nerfs culaires.

irritabilité musculaire varie, suivant certaines conditions, en plus, soit en moins. Elle est augmentée par un afflux uin plus considérable; si on fait affluer le sang dans un ibre en paralysant ses nerfs vaso-moteurs (section des troncs iaires chez la grenouille), la [illegible]on des capillaires de la s'accompagne d'une irritabi[illegible] grande des muscles du ne côté; de même après l'hém[illegible] du bulbe et des tuber-s bijumeaux chez la grenouil[illegible] une hyperhémie et une tractilité plus marquée d'une [illegible] de la langue. (Liégeois.) repos, la présence de l'oxygèn[illegible]isent le même effet; les scles conservent plus longtem[illegible] irritabilité dans l'oxy-e que dans l'air et, dans l'air, [illegible]s un milieu privé d'oxy-e; l'injection de sang oxygé[illegible] un membre séparé du ps y maintient l'irritabilité p[illegible]t un certain temps. La trine, la caféine, etc., augmentent l'irritabilité musculaire; i serait de même du passage d'un courant galvanique cons- dans le sens de la longueur des fibres.

es causes qui agissent en sens inverse sont : l'arrêt de la cir-tion sanguine (compression ou ligature de l'aorte, comme s l'expérience de Stenson, injection de substances coa-ntes ou obturantes dans les vaisseaux), la fatigue, une pérature au-dessus ou au-dessous d'une moyenne variable ant chaque espèce, enfin la présence dans le muscle de tines substances telles que l'acide carbonique, l'acide lac-, le phosphate de chaux, ou de principes toxiques, comme gitaline. Certains poisons abolissent presque instantanément tabilité musculaire; tels sont le sulfocyanure de potassium, les sels de potasse, la bile, l'émétine, la saponine, l'upas r, etc.

section des nerfs amène dans les muscles des altérations étudiées par Erb et Vulpian; l'excitabilité du muscle dimi-avec une grande rapidité.

rritabilité persiste plus ou moins longtemps après la mort ou n membre détaché du corps; elle disparaît très-vite sur les aux à sang chaud, beaucoup plus lentement sur les animaux g froid; cette diminution de l'irritabilité marche parallèle- avec l'établissement de la rigidité cadavérique. Brown-

recevoir le pouce. Ce ressort communique avec un système de l
F, F, auxquels se transmet chaque traction exercée sur lui, mouv
qui va s'écrire sur le cylindre enregistreur. Le bras est placé
un moule en plâtre qui le fixe et ne permet que les mouveme
l'adducteur du pouce. La contraction de ce dernier muscle se f
l'excitation du nerf cubital.

B. Appareils enregistreurs du gonflement musculaire. —
gonflement musculaire peut être enregistré, comme dans la figu
page 267, par un levier qui repose sur le muscle près de son a
rotation ; le gonflement du muscle, au moment de la contraction
lève le levier dont l'extrémité va tracer, sur le cylindre enregis
le graphique très-amplifié du gonflement musculaire (Aeby, Mare
2° *Pince myographique de Marey.* Cet appareil a l'avantage de p
s'appliquer sans avoir besoin de mettre le muscle à nu. Dans s
position primitive, il se composait de deux branches articulées
elles par leur partie médiane; une de ces branches pouvait ba
sur l'autre comme un fléau de balance. A une extrémité, ces bra
se terminaient chacune par un disque métallique en communi
avec les pôles d'une pile, et le muscle (adducteurs du pouce)
placé entre ces deux disques. A l'extrémité opposée, la branch
supportait un tambour du polygraphe de Marey, la branche
une petite vis verticale. Quand le muscle se contractait, il écart
deux branches; celles-ci se rapprochaient à l'extrémité opposée,
vis venait presser sur le tambour du polygraphe ; la pression se
mettait alors par un tube à un second tambour muni d'un levi
registreur. Dans la disposition nouvelle, la pince myographique
s'appliquer à différents muscles et non plus seulement aux musc
pouce. Les deux disques métalliques entre lesquels se place le
sont supportés par deux branches qui peuvent se rapprocher o
carter par un simple glissement, comme dans le compas de cordo
Un des disques est supporté par un ressort d'acier et suppor
vis qui, lorsque le muscle se contracte, presse sur le tambo
polygraphe comme dans l'instrument précédent. La pince my
phique enregistre très-fidèlement les mouvements qui ne sont pa
rapides.

Les recherches des physiologistes, et principalement de
ont montré que la contraction musculaire peut se décompo
une série de petites contractions partielles ou *secousses* fusio
par l'élasticité musculaire. Pour étudier le phénomène de l
traction, il est donc nécessaire de l'analyser, c'est-à-dire d'é
à part ces petites contractions partielles.

1. — DE LA SECOUSSE MUSCULAIRE.

Quand un excitant est porté directement sur une fibre ou s un faisceau musculaire, on voit *presque instantanément* le po excité se gonfler et se raccourcir, c'est-à-dire que les stries tra versales se rapprochent les unes des autres; il se forme ai sur la fibre musculaire une sorte de *ventre*, qui, sur un muscle, traduit par une saillie appréciable. Quand l'excitation est port sur le nerf du muscle, le phénomène est le même, mais le ra courcissement et le gonflement apparaissent de suite dans tou l'étendue du muscle.

Ces deux phénomènes, raccourcissement, gonflement, peuve être enregistrés directement à l'aide des myographes, et on a ai la représentation graphique ou la courbe de la contraction mu culaire.

1° *Courbe du raccourcissement musculaire* (*fig.* 52). — Si

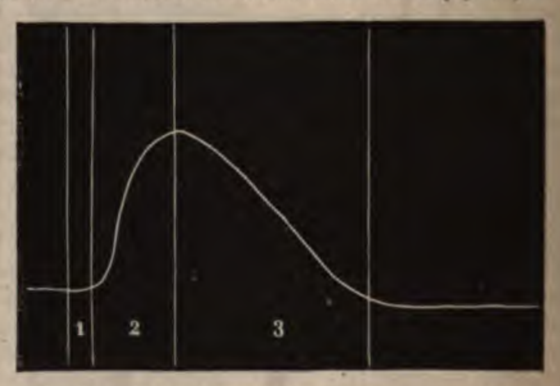


Fig. 52. — Analyse de la courbe du raccourcissement musculaire.

analyse cette courbe, on voit que sa durée peut se décompos en trois périodes inégales :

a) Une première période (1), pendant laquelle aucun phén mène ne se produit dans le muscle, quoique l'excitation ait d agi à partir de la première ligne verticale; c'est la période d'*ex tation latente*; il faut donc au muscle un certain temps, 1 ce tième de seconde environ, pour se mettre en mouvement;

b (Une deuxième période (2) d'ascension de la courbe et

reil de la figure 51. (Marey.) Si on place sur un muscle deux leviers enregistreurs, à une certaine distance l'un de l'autre, et qu'on excite l'une des extrémités du muscle, le gonflement qui accompagne sa contraction soulève les deux leviers et donne pour chaque levier la courbe de contraction du muscle; comme le cylindre enregistreur tourne, les deux courbes ne coïncident pas (*fig.* 53), et comme on connaît la vitesse exacte du cylindre



Fig. 53. — Graphique de la propagation de l'onde musculaire.

par l'enregistrement des vibrations d'un diapason, la distance entre les deux graphiques donne la vitesse de propagation de l'onde musculaire. Cette vitesse est d'environ 1 à 3 mètres par seconde.

Quand, au contraire, l'excitation électrique est placée aux deux extrémités et que le courant traverse le muscle d'un bout à l'autre, les deux contractions sont simultanées et les deux courbes se correspondent.

L'onde de contraction excitée dans une fibre musculaire est limitée à la fibre excitée et ne se transmet pas aux fibres voisines.

Fusion des secousses musculaires. — Si l'on fait agir sur un muscle, non plus une seule excitation, mais une série d'excitations successives, il se produit des phénomènes différents, suivant la rapidité avec laquelle les excitations se suivent. Il peut se présenter plusieurs cas :

1° La deuxième excitation agit après la terminaison de la secousse amenée par la première; il se produit alors une deuxième secousse musculaire ayant les caractères de la première et ainsi de suite pour les irritations successives jusqu'à fatigue du muscle.

2° La deuxième excitation agit pendant la période d'excitation latente; dans ce cas, le raccourcissement n'est pas plus grand

courant constant sur les muscles, voir: *Action de l'électricité sur l'organisme.*)

Les secousses musculaires produites par l'influence nerveuse présentent absolument les mêmes caractères et les mêmes conditions que les secousses produites par l'excitation directe du tissu musculaire et les courbes de la contraction musculaire sont, dans un cas comme dans l'autre, tout à fait identiques. Le tétanos musculaire, s'observe aussi à la suite d'excitations portant sur le nerf, percussions répétées, ligature graduelle, chaleur, dessèchement, agents chimiques, strychnine, etc.

2. — DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE PHYSIOLOGIQUE.

La contraction musculaire physiologique, comme la contraction musculaire provoquée artificiellement, se compose de secousses musculaires. Mais ces secousses musculaires, véritables éléments de la contraction, doivent être considérées à deux points de vue:

1° Les secousses partielles de chaque fibre musculaire se réunissent pour constituer une secousse totale qui porte sur l'ensemble du muscle; en effet, ces secousses partielles sont simultanées, grâce à la distribution nerveuse dans le muscle; quand le nerf est excité, toutes les ramifications nerveuses le sont en même temps, ainsi que toutes les fibres musculaires qui reçoivent une au moins de ces terminaisons nerveuses; ainsi, la rapidité de la transmission nerveuse assure l'instantanéité et la simultanéité d'action de toutes les fibres musculaires. Sans cette condition la contraction, restant localisée dans la fibre musculaire excitée, ne pourrait se généraliser dans la totalité du muscle.

2° Ces secousses musculaires totales, par leur succession, produisent la contraction musculaire. Ces vibrations musculaires peuvent même devenir sensibles à l'oreille (voir : *Son musculaire*). Ce fait prouve que l'excitation nerveuse motrice arrive au muscle, non en bloc et tout d'un coup, mais par *doses fractionnées* et à intervalles égaux.

Ces secousses musculaires de la contraction physiologique peuvent aussi être enregistrées. Si on place entre les dents ou mieux à l'extrémité du doigt le levier écrivant du myographe, par exemple, et qu'on tienne la pointe du levier appliquée contre un cylindre enregistreur, au lieu d'avoir une ligne droite on obtient

au moment de la contraction, on voit le liquide s'abaisser dans le tube. (Erman.) Les résultats obtenus par Erman, niés d'abord par Gerber, ont été confirmés par la plupart des physiologistes. Le physomètre de P. Harting, instrument pour déterminer les volumes variables, peut servir aussi à apprécier cette diminution de volume du muscle. (Voir : *Revue scientifique*, 1873, p. 801.)

Les phénomènes anatomiques de la contraction musculaire peuvent s'observer facilement au microscope. Si on examine de cette façon une fibre vivante, d'insecte par exemple, on voit une sorte d'ondulation, de gonflement marcher à la surface de la fibre et se propager ainsi dans toute sa longueur ; en même temps les stries transversales se rapprochent ; ces phénomènes se voient surtout bien si la fibre est légèrement tendue par ses deux extrémités. Dans le cas contraire, quand elle est libre par une de ses extrémités, c'est plutôt une sorte de mouvement vermiculaire.

On a cherché, en employant de plus forts grossissements, à pénétrer plus intimement le mécanisme de la contraction musculaire. Pour W. Engelmann (voir *fig.* 47, page 254), les phénomènes suivants s'observeraient pendant la contraction musculaire. La substance anisotrope A serait seule active dans la contraction ; la substance isotrope I, et surtout la bande transversale qui la partage (3, 4), serait le siège de forces élastiques qui lutteraient contre la contraction ; la substance isotrope diminuerait, la substance anisotrope augmenterait de volume pendant la contraction. Mais ces résultats, ainsi que la structure même de la fibre striée, ne peuvent être admis qu'après des observations nombreuses et répétées.

2° *Travail musculaire.*

Sur le vivant, les muscles ont toujours des résistances à vaincre au moment de leur contraction, résistances soit intérieures (tension des antagonistes, poids des parties du corps à mouvoir), soit extérieures (soulèvement de poids), c'est-à-dire qu'ils accomplissent un travail mécanique (poussée ou traction). Ce travail mécanique, quel qu'il soit, peut toujours être évalué par des poids, et l'effet utile, T, d'un muscle sera donc le produit du poids P soulevé par la hauteur H à laquelle il est soulevé, ou par l'étendue du raccourcissement : $T = PH$.

inconnus) nécessaires à la contraction et utilisés pendant ce contraction. Quand, au contraire, l'activité musculaire est exagérée, les produits de la contraction sont formés en trop grande quantité pour pouvoir être entraînés par la circulation et s'accumulent dans le muscle; d'un autre côté, celui-ci ne reçoit pas du sang, en quantité suffisante, les matériaux nécessaires à sa contraction, de là tous les phénomènes qui constituent la fatigue musculaire. On peut, en effet, produire artificiellement la fatigue d'un muscle en injectant dans ses artères de l'acide lactique et du phosphate acide de soude. (J. Ranke.)

La fatigue diminue la cohésion du tissu musculaire. On brise les deux cuisses d'une grenouille et on excite l'une des deux jusqu'à la fatigue, puis on attache aux deux pattes des poids jusqu'à rupture des muscles de la cuisse; la rupture arrive plus vite pour la cuisse fatiguée que pour l'autre. (Liégeois.)

L'influence de la fatigue sur l'élasticité musculaire est controversée; d'après Kronecker, elle serait la même que dans le muscle en activité; cependant, en général, on admet une diminution d'élasticité. D'après Volkmann, l'extensibilité ne diminuerait qu'après avoir au début subi une augmentation.

La fatigue abaisse considérablement l'irritabilité musculaire et les graphiques de la contraction traduisent bien ces variations. La période d'excitation latente est plus longue; la secousse musculaire présente moins d'amplitude et plus de durée, sauf dans l'extrême fatigue où la durée diminue avec l'amplitude; la fusion des secousses s'opère plus rapidement, et l'obliquité de la ligne de descente, qui est surtout influencée par la fatigue, indique une plus grande lenteur du retour du muscle à sa longueur primitive. On a vu plus haut que le raccourcissement et le travail utile du muscle diminuent rapidement par la fatigue. D'après Leber, un muscle se fatiguerait moins quand il soulève un poids que quand on l'empêche de se raccourcir. Dans ce dernier cas l'acidité du muscle est plus grande. (Heidenhain.)

4° *Phénomènes physiques de la contraction musculaire.*

Son musculaire. Bruit rotatoire des muscles. — Quand on applique l'oreille ou le stéthoscope sur un muscle contrac

Les théories de la contraction musculaire peuvent être ratta
trois groupes : théorie physique de l'élasticité ; théorie méc
théorie chimique.

A. Théories physiques de l'élasticité. — 1° *Théorie de Ed.*
Pour Ed. Weber, suivi en cela par beaucoup de physiologistes,
Volkmann entre autres, la contractilité musculaire n'est qu'un
d'élasticité. Le muscle a deux formes naturelles, une forme n
(n° 1 de Küss) dans laquelle il est à l'état de repos, une form
relle (n° 2 de Küss) dans laquelle il est contracté ; ce qu'on ap
passage du repos à la contraction n'est que le passage de la for
à la forme n° 2, mais le muscle n'est pas plus actif sous cett
que sous la première, puisque, dans les deux cas, il exerce une
sur ses deux points d'attache. L'excitant ne fait que changer
élastique du muscle, comme la chaleur change celle d'un barr
tallique. Quant à la cause même de ce changement d'élasticit
mann suppose que l'excitation nerveuse produit dans le mu
actions chimiques qui modifient l'équilibre des molécules. Les
théoriques par lesquelles Volkmann a cherché, dans ces
temps, à soutenir cette théorie, ne me paraissent pas suffisa
2° *Théorie de Rouget.* Rouget rattache aussi la contraction musc
l'élasticité ; mais il comprend cette élasticité tout autreme
Weber. Pour lui, la fibre musculaire est comparable au style d
celles, pédicule spiralé contractile par lequel l'infusoire se
corps étrangers ; à l'état ordinaire, ce style est allongé et fo
spirale à peine marquée, mais dès qu'une excitation intervie
spirale allongée se raccourcit subitement des 4 cinquièmes et
un ressort en hélices à tours très-rapprochés ; c'est cette derniè
que le style prend après la mort de l'animal. L'état d'activité
vie et à la continuité de la nutrition, correspond à la spirale
du style ; l'état de contraction correspond au contraire à la su
des phénomènes de nutrition et est une pure affaire d'élastic
sique ; le style n'étant plus distendu par le mouvement nutritif,
à sa forme naturelle de ressort élastique en spirale. Il en est
de la fibre musculaire. Pendant la vie, elle tend sans cesse à s
ter en vertu de son élasticité ; mais cette tendance au raccourc
est combattue par une tendance à l'allongement due à la
même du muscle et probablement à la production de chaleur
est la cause. Tout ce qui enraye ce travail de nutrition (excita
veuse, ligature de l'artère d'un muscle, etc.) fait disparaître c
dance à l'allongement, et l'élasticité restant seule en jeu, la co
se produit. L'augmentation de chaleur du muscle, au moment d
traction, s'explique parce que la chaleur qui était employée à
le muscle se trouve libre au moment où le muscle se raccourc

plus loin. — 2° *Théorie du dédoublement.* Partant de ce fa contraction musculaire peut se faire à l'abri de l'oxygène c muscle continue malgré cela à produire de l'acide lactique et d carbonique, Hermann admet non une oxydation, mais un dé ment. Le muscle contiendrait une provision d'une substance (non encore isolée), azotée, susceptible de se dédoubler en de des forces vives en myosine, acide lactique et acide carbon sang enlève au muscle l'acide lactique et l'acide carbonique, l la myosine et lui apporte de l'oxygène et une substance non (encore inconnue) qui, avec la myosine, reforme la substance Cette théorie ne pourra être admise que le jour où on isole substance inogène et son facteur non azoté.

En résumé, le muscle est le siége de phénomènes chimi production de chaleur et de production de mouvement, et il y nement entre ces trois phénomènes une liaison intime, mais lois nous sont encore inconnues.

D. — RIGIDITÉ CADAVÉRIQUE.

Peu de temps après la mort, les muscles deviennent d'une raideur et d'une dureté caractéristiques; ils oppos très-grande résistance à l'extension et, une fois étendus prennent plus leur longueur primitive; leur tonicité a d après leur section transversale, les deux bouts ne s'écar et restent en contact. Leur cohésion a diminué; ils se déchirer facilement; enfin la substance musculaire a p transparence.

L'époque de l'apparition de la rigidité cadavérique variable; elle commence d'un quart d'heure à vingt heur la mort. Sur des lapins soumis à des contractions mus excessivement intenses et répétées, je l'ai vue commence *diatement* après la mort. Sur un soldat du Gros-Caill s'est montrée pendant que le cœur battait encore. Sa dur de quelques heures à quelques jours; ordinairement l'ap tardive coïncide avec une longue durée.

La rigidité cadavérique commence par les muscles d choire et du cou; elle envahit ensuite successivement les abdominaux, les membres supérieurs, le tronc et les r inférieurs. Le cœur est atteint aussi par la rigidité cada Sa disparition se fait dans le même ordre et en général en bas.

ne ressemble que par ses caractères extérieurs à la rigidité vérique proprement dite.

La rigidité musculaire est due à la coagulation de la my coagulation qui tient probablement à l'action des principes acides carbonique et lactique, formés dans le muscle et sont plus entraînés par la circulation.

Dès que la rigidité a cessé, la putréfaction s'empare du m

b. — Tissu musculaire lisse.

Myographie. — Il n'est guère possible d'étudier la contractio culaire lisse avec les mêmes appareils que pour la contraction mus striée, car il est rare que les fibres lisses forment des faisceaux di applicables au myographe. Comme ordinairement ils entourent de duits ou des cavités, on mesure en général leur contraction par la pr qu'ils exercent sur les liquides ou sur les gaz contenus dans leur tés, autrement dit à l'aide de manomètres. On peut cependant enre aussi leurs contractions en adaptant à ces conduits ou à ces cavi tubes qui transmettent la pression au tambour du polygraphe de (Voir : *Laboratoire de physiologie*.) Les dispositions de l'appareil naturellement suivant l'organe dont on veut étudier la contractio

La *fibre musculaire lisse* (*fig.* 55) est une fibre, de longueur variable (0^{mm},006 à 0^{mm},013), effilée à ses deux bouts, constituée par une substance homogène ou finement granuleuse et qui contient, vers sa partie médiane, un noyau en forme de bâtonnet. L'existence d'un sarcolemme y est encore douteuse. D'après Rouget, les fibres lisses sont fournies par la juxtaposition de fibrilles très-fines qui, au lieu d'être enroulées en spirale comme celles des



Fig. 55. — Fibre musculaire lisse.

Fig. 55. — A, fibre lisse de la vessie. — a, fibres isolées. — b, fibres réunies. — B, l traitées par l'acide acétique.

certaine rapidité. Ordinairement, dans les graphiques, la pério d'ascension est plus courte que la période de descente (*fig.* 5 Cette contraction se localise au début au point irrité et se p page ensuite au reste de la fibre lisse, comme on peut le v



Fig. 56. — Graphiques de la contraction musculaire lisse. (Voir page 283.)

au microscope (Robin), mais cette propagation est plus lente pour la fibre striée; d'après W. Engelmann, elle serait de 2 30 millimètres par seconde, et serait plus rapide dans les for que dans les faibles contractions.



Fig. 57. — Graphiques de la contraction musculaire lisse.

Un caractère particulier des fibres lisses, c'est que l'excitati au lieu de rester localisée à la fibre excitée, se propage direc ment aux fibres voisines; aussi l'intervention nerveuse n'est-e plus nécessaire pour généraliser la contraction comme dans l muscles striés, et on peut voir la contraction se propager dans d muscles lisses comme l'uretère, tout à fait dépourvus de plex nerveux. (W. Engelmann.)

D'après Marey, la contraction musculaire lisse ne se comp serait pas, comme la contraction musculaire striée, d'une sér de secousses musculaires, mais elle se composerait d'une seu secousse dont la durée serait plus ou moins longue. En tout ca ces muscles peuvent être atteints aussi de tétanos, mais ce tétan survient progressivement et sans secousses. (Legros et Onimu

Les mouvements des muscles lisses offrent souvent le cara

Fig. 56. — Contraction de l'estomac (graphique supérieur) et de la vessie (graphique i rieur) chez le chien. (P. Bert.) Le trait horizontal indique le moment d'application de l'e tant. — Un centimètre correspond à 6 secondes.

Fig. 57. — Graphique de la contraction pulmonaire chez le lézard. (P. Bert.) M remarque que pour la figure précédente.

bythmique, comme dans les conduits excréteurs de certaines
es.
travail musculaire et l'*effet utile* des muscles lisses n'ont
é évalués, mais d'après ce qu'on connaît de la force des
ctions utérines dans l'accouchement, ce travail peut être
érable.
a pas été fait de recherches spéciales sur la *fatigue* des
es lisses; elle se montre chez eux comme dans les muscles
et doit y reconnaître les mê ɪses et les mêmes carac-
(Voir aussi : *Sensibilité mu e.*)
igidité cadavérique atteint muscles lisses, comme
it le démontrer par l'expéri ante : On met dans un
saturé d'humidité une anse un prise sur un animal
ent de mourir; cette anse d un est liée par un bout et
communique avec un tube al qui traverse le bouchon
cal; on remplit alors l'anse in d'eau tiède qui monte
le tube vertical jusqu'à un niveau qu'on marque
trait. Quand la rigidité ca e s'établit, le liquide
dans le tube vertical et ne s'abaisse que quand cette rigi-
esse.

ographie. — Rameaux : *Considérations sur les muscles*, 1834. — Ed. Weber : *Muskelbewegung* dans *Wagner's Handwœrterbuch*, t. III, 1846. — Id. *Ueber die ticität der Muskeln.* (Arch. de Müller 1858.) — F. A. Bernard : *De l'Élas- du tissu musculaire*, 1853. — A. W. Volkmann : *Muskelcontractilität*, dans h. de Müller 1858. — Brown-Séquard : *Recherches sur l'irritabilité musculaire.* rnal de physiologie, 1859.) — W. Kuhne : *Myologische Untersuchungen*, 1860. Béclard : *De la Contraction musculaire dans ses rapports avec la température ale.* (Archives de médecine, 1861.) — Ritter : *Des Propriétés physiques du musculaire*, 1863. — Rouget : *Mém. sur les tissus contractiles et la contrac- é.* (J. de physiologie, 1863.). — Marey : *Du Mouvement dans les fonctions de la* 1868 — W. Engelmann : *Beiträge zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysio- e.* (Arch. de Pflüger, t. III.) — Voir aussi Cl. Bernard et les *Traités de phy- ogie* de Longet, Wundt, Hermann, Kuss, etc.

4° PHYSIOLOGIE DU TISSU NERVEUX.

s éléments nerveux sont de trois ordres : les globules nerveux,
ibres nerveuses et les éléments nerveux périphériques.
s *globules nerveux* (*fig.* 58, page 286) sont arrondis ou
s, de 0^{mm},09 à 0^{mm},022, et possèdent un contenu granuleux,
ent pigmenté, constitué par une masse de protoplasma
e, riche en graisse, et un noyau sphérique, vésiculeux,
vu d'un nucléole. L'existence d'une membrane de cellule
outeuse.

Quelques-unes de ces cellules sont sans prolongements lules apolaires), mais la plupart présentent un ou plusieurs longements (*fig.* 58) et, suivant leur nombre, ont reçu le no



Fig. 58. — Globule nerveux.

cellules uni-, bi-, multipolaires. De ces prolongements, le sont ramifiés et se terminent par des fibrilles très-fines; d'a (en général un seul par cellule) sont indivis dans toute leu gueur.

D'après des travaux récents, la cellule nerveuse paraît une structure très-compliquée, mais il y a encore trop d'in tude sur cette question pour que l'application puisse en être à la physiologie.

Les *fibres nerveuses* ou *tubes nerveux* sont ou bien des larges à double contour, ou bien des tubes minces à si contour.

Les tubes nerveux larges, à l'état frais, paraissent tout homogènes; mais par l'action de certains réactifs on leur reco trois parties : une gaîne extérieure, élastique, *gaîne de Schw* une substance intermédiaire, réfringente, *moelle nerveu myéline*, et un filament central, *fibre-axe* ou *cylindre-axe.*

Les tubes nerveux minces sont formés par une substance t parente analogue au cylindre-axe et dépourvus de moelle veuse. La gaîne de Schwann y existe dans certains cas.

compliqué que dans l'activité d'une fibre musculaire ou d'u cellule épithéliale.

Au point de vue le plus général, le système nerveux représ un appareil qui relie les surfaces sensibles périphériques (p muqueuses, organes des sens) aux muscles et à quelques au organes (glandes, par exemple). On pince la peau de la p d'une grenouille et on voit cette patte se fléchir par un mo ment qui suit presque instantanément l'excitation cutanée. Si examine anatomiquement les conditions organiques du phé mène, on trouve (*fig.* 59, A), entre le point de la peau exci

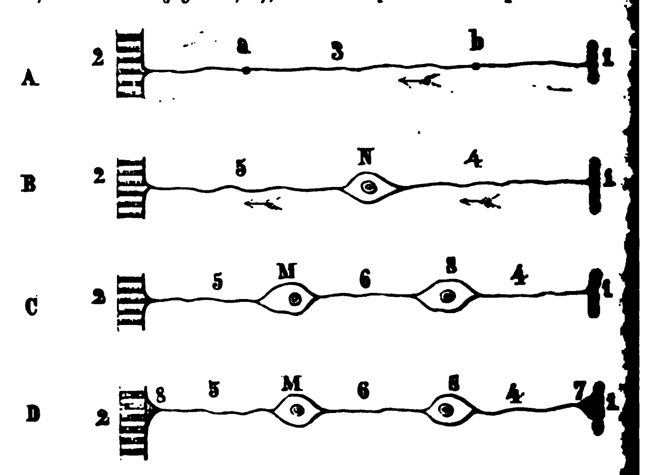


Fig. 59. — Perfectionnements successifs de l'action nerveuse.

et le muscle qui se contracte (2), un cordon nerveux (3) q sans discontinuité de l'un à l'autre. Si l'on coupe ce c nerveux en un point quelconque, *a* par exemple, le pinc de la peau en (1) ne détermine plus de contraction en (2); la tinuité du cordon nerveux est indispensable; le nerf tran muscle l'excitation produite en (1), et si cette transmission fait pas, la contraction manque.

En quoi consiste cette transmission? Comment se fait Quelle est sa nature? Autant de questions à peu près ins actuellement. On peut affirmer qu'il y a un mouvement tra mais on ne peut aller au delà. Est-ce une vibration, un dé

l fait *boule de neige*. En effet, si on excite successive-
t points du nerf musculaire *a* et *b* (*fig*. 59, A, page 288),
n du point *b*, le plus éloigné du muscle, produit une
n plus forte que celle du point *a*, le plus rapproché
e ([1]), et le maximum de contraction correspond au
d'éloignement, c'est-à-dire au point (1). (E. Pflüger.)
onc dans l'acte de transmission du mouvement nerveux
es :
transmission de mouvement;
égagement de mouvement nerveux.
gement de mouvement est spécial à la substance ner-
nerfs ne peuvent pas être assimilés à de simples con-
ordinaires, comme les conducteurs électriques, et il
u'il y ait dans le cordon nerveux une véritable suc-
décompositions chimiques, comme dans une traînée de
'on allume à une de ses extrémités.
osant le cas le plus simple, on pourrait réduire l'appa-
ux à un simple cordon nerveux qui réunirait la surface
l'organe moteur (*fig*. 59, A, page 288). Mais, même
nimaux les plus inférieurs, il présente une disposition
liquée. Le premier perfectionnement est l'apparition
jet du nerf d'un renflement constitué par une accu-
le substance nerveuse, une cellule nerveuse en un mot,

admet pas cette augmentation d'intensité. D'après lui, plus l'ex-
igne du muscle, plus la secousse musculaire est faible. Il donne
e figure dans laquelle les graphiques décroissent d'amplitude

(*fig.* 59, B, page 288); c'est là la première ébauche de ce qu
appelle un centre nerveux. Ce centre partage le nerf en d
segments, un segment (4) situé entre la surface sensible (1
le centre N et auquel on a donné le nom de *nerf sensitif*
centripète, et un segment (5) situé entre le centre nerveux N
le muscle (2), *nerf centrifuge* ou *moteur*. Le centre nerveu
a les mêmes propriétés que le nerf; comme lui il transmet
mouvement, et comme lui aussi il dégage du mouvement, m
il en dégage beaucoup plus, et à ce point de vue, en compar
le nerf au centre nerveux, on peut dire que le nerf sert surt
à la transmission du mouvement et est spécialement *conducte*
tandis que la cellule nerveuse sert surtout au dégagement
mouvement nerveux et est essentiellement *productrice*. Les ce
tres nerveux sont donc de véritables réservoirs de force, fo
qui se dégage sous l'influence des excitations transmises par l
nerfs sensitifs et se transmet aux muscles et aux autres orga
par les nerfs moteurs.

On peut aussi rencontrer, et c'est le cas le plus ordinaire, s
le trajet du nerf, non plus seulement une seule cellule, mais de
et plus (*fig.* 59, C, page 288), l'une en rapport avec le nerf se
sitif, *cellule sensitive* S, l'autre en rapport avec le nerf mot
cellule motrice M, et la portion du cordon nerveux intermédia
entre les deux cellules prendra le nom de *nerf intercentral*
intercellulaire (6).

Mais le perfectionnement ne s'arrête pas là. Entre les surfa
sensibles et les nerfs sensitifs, entre les muscles et les ne
moteurs se trouvent des organes particuliers, intermédiai
organes nerveux périphériques (*fig.* 59, D, 7, 8, page 288) p
ou moins comparables à des cellules nerveuses et présent
souvent une structure et une conformation toutes spéciales.
organes nerveux périphériques se retrouvent dans les princip
sens (rétine, corpuscules du tact, organe de Corti de l'oreille,
et dans les plaques terminales des nerfs moteurs et peuvent
considérés comme de véritables *commutateurs* de mouvem
C'est ainsi que les vibrations lumineuses, qui ne peuvent a
sur la substance du nerf optique, agissent sur les cônes et
bâtonnets de la rétine, et que le mouvement inconnu pro
dans ces petits organes peut alors servir d'excitant pour les fi
du nerf optique.

Le système nerveux comprend donc trois catégories d'orga

Ces faits physiques trouvent leur application dans la nutri[...] la substance nerveuse.

Production de chaleur. — Valentin a constaté une p[...] tion de chaleur dans le nerf en état d'activité, et Schiff a v[...] production se faire même quand le nerf est séparé du m[...] cependant, d'après Helmholtz et Heidenhain, elle serait loin[...] démontrée.

Pour les phénomènes électriques du nerf, voir : *Élec[...] animale.*

B. — PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES DES NERFS.

Nutrition des nerfs. — La *nutrition* de la substance b[...] paraît assez active, moins pourtant que celle de la sub[...] grise. D'après les recherches de Ranvier, les tubes ne[...] seraient plongés dans des espaces lymphatiques, et le p[...] lymphatique pénétrerait jusqu'au cylindre de l'axe par les [...] glements circulaires des tubes nerveux dépourvus à ce niv[...] myéline. (*Archives de physiologie*, 1874.)

Comme le muscle, la substance nerveuse est le siège [...] véritable respiration, comme on a pu s'en assurer sur de[...] veaux exsangues de pigeon (Ranke) ; elle absorbe de l'ox[...] et émet de l'acide carbonique. Cette respiration, qui se p[...] même pendant l'état de repos des nerfs, est plus intense pe[...] leur activité.

Les produits de désassimilation de la substance nerveus[...] encore incomplétement connus ; elle paraît, d'après les r[...] ches de Byasson et de Liebreich, consommer surtout des [...] minoïdes ; l'urée serait alors un de ses principaux prod[...] désassimilation ; cependant Flint, de son côté, regarde l[...] lestérine comme le produit spécial de l'activité nerveuse.

La nutrition d'un nerf est sous l'influence de la cellul[...] veuse de laquelle il prend naissance. A. Waller a montré (f[...] page 293) que lorsqu'on sépare un nerf de son centre ne[...] trophique (substance grise de la moelle pour les racines mo[...] ganglion de la racine postérieure pour les racines sensitiv[...] bout du nerf séparé du centre se désorganise et subit la [...] nérescence graisseuse (*fig.* 60, A, A, A, page 293). Cette d[...] rescence porte à la fois sur la myéline et le cylindre de l'[...]

séquement; tant que l'activité nerveuse n'aboutit pas à un traction musculaire ou à tout autre acte dont la manifes soit facile à saisir, cette activité reste pour ainsi dire la cependant, comme cette activité s'accompagne de phéno accessoires particuliers, on peut par l'analyse physiologiq abstraction faite de toute manifestation étrangère au ne même (contraction, sécrétion, etc.), reconnaître si un nerf non en état d'activité. Le plus important de ces phénomè la *variation négative* (voir: *Électricité animale*) que le comme le muscle, présente pendant son état d'activité; indice a l'avantage de s'appliquer aussi bien aux nerfs se qu'aux nerfs moteurs et permet d'étudier, dans les deux c ries de nerfs, tous les caractères de l'excitabilité et de l'a nerveuses.

L'excitabilité nerveuse a pour condition essentielle l'in du nerf; pour qu'elle subsiste et reste normale, il faut nutrition et la circulation du nerf se fassent régulièrement même dans ces conditions, elle présente un caractère parti de mobilité et de variabilité continuelles. En état per d'instabilité, il suffit des plus faibles conditions pour la varier d'intensité, et des plus légères excitations pour la en jeu.

Des alternatives régulières de repos et d'activité par favoriser le mieux le maintien de l'excitabilité nerveus repos prolongé peut la diminuer et même l'abolir en an une atrophie et une dégénérescence du nerf; une activit gérée et prolongée l'abolit aussi en produisant la fatig accroissement de température l'augmente jusqu'à un point, à partir duquel elle diminue pour disparaître tou quand la chaleur est poussée au point de désorganiser l une température de 40° à 45° sur les nerfs musculaires grenouille amène une crampe tétanique. Le froid, au co diminue l'excitabilité. L'arrêt de la circulation l'abolit ment; quand on lie l'artère d'un membre, les excitations sur les nerfs sensitifs et sur les nerfs moteurs du membre sans effet.

La dessiccation, bornée dans de certaines limites, au l'excitabilité; si on place le nerf d'un muscle dans une clo présence de l'acide sulfurique concentré dans de l'air très-

nerf que sur le muscle. Ces excitants se divisent en e mécaniques (pression, tiraillement, déchirure, section, ment, etc.), physiques (température, électricité), chimiques alcalis, sels métalliques, bile, acides biliaires, etc.). Ces d agissent soit en soutirant de l'eau au nerf (solutions salin tres concentrées), soit en désorganisant la substance ne (dans ce cas, l'excitation s'arrête immédiatement), soit p action spéciale encore inconnue.

Quand les excitations se répètent et se succèdent av certaine rapidité, le nerf entre dans un état particulier traduit dans les nerfs moteurs par un tétanos muscul suivant la nature de l'excitant nerveux, on aura un tétan canique, électrique, etc.

Pour obtenir le tétanos mécanique, Heidenhain s'est d'un instrument qu'il appelle *tétanomoteur* ; il consiste tiellement en un petit marteau mis en mouvement par un dentée au moyen d'une manivelle et qui frappe plus ou fréquemment sur le nerf, suivant la vitesse de rotation roue. On peut arriver au même résultat en se servant d'un son vibrant dont une des branches vient frapper le nerf à vibration.

Des excitations persistantes peuvent aussi produire le état. Ainsi, la chaleur, certains agents chimiques (bile, s rin), appliqués sur un nerf moteur, produisent le téta muscle.

L'activité nerveuse n'est jamais continue. Elle se c d'une succession de périodes très-courtes d'activité coup des périodes très-courtes de repos, de même que la cont musculaire est la somme d'une série de contractions parti

C. — CONDUCTIBILITÉ NERVEUSE.

La conductibilité nerveuse a pour conditions indispe l'intégrité et la continuité du nerf ; tout ce qui altère la st du nerf et le désorganise arrête la transmission (écras section du nerf, etc.).

Cette transmission offre les caractères suivants :

1° Elle est restreinte à la fibre nerveuse excitée et ne se met pas aux fibres voisines ; la moelle nerveuse a été su

produira une contraction du muscle; l'excitation centripète arr
en (1) déterminera une excitation de ce centre moteur et l'e
tation se transmettra alors de (1) en (2) dans toute la long
du nerf et dans la direction centrifuge. Le muscle sera donc
licité par deux excitations successives, mais comme la vitess
la transmission nerveuse est très-grande, ainsi qu'on le verra
loin, ces deux excitations se suivent à un si petit intervalle
n'y a qu'une contraction musculaire unique au lieu de deux
même raisonnement peut s'appliquer au nerf sensitif.

Les faits suivants prouvent que la transmission nerveus
fait dans les deux sens :

a) Quand on excite un nerf en (3) (*fig.* 62, page 297), les
nomènes de la variation négative (voir : *Électricité animal*
montrent dans les deux bouts du nerf;

b) L'expérience du paradoxe de contraction indiquée plus l

c) L'identité de structure et de composition des deux es
de nerfs rend probable l'identité de fonctions;

d) Si (*fig.* 63) on sectionne un nerf sensitif, S, et un

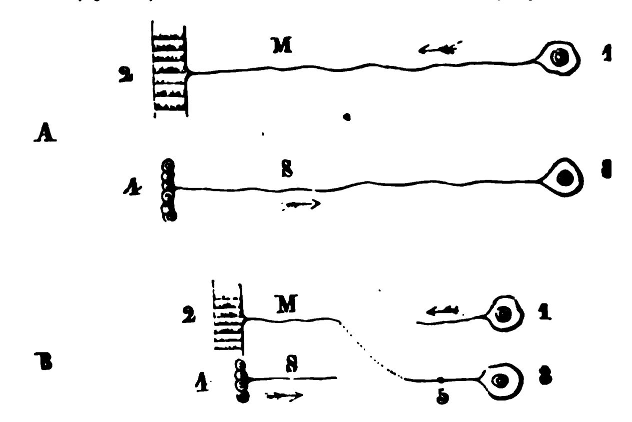


Fig. 63. — Réunion d'un nerf sensitif et d'un nerf moteur.

moteur, M, le lingual et l'hypoglosse par exemple, et
réunisse le bout central du lingual au bout périphérique de
poglosse (*fig.* 63, B), au bout d'un certain temps la cicatri
se produit. Si on excite alors le bout central (5) du lingu
a à la fois des signes de douleur et des contractions da
muscles de la langue. (Vulpian.) Cependant, d'après de nou

l'excitation du nerf et de la contraction du muscle sont enre
l'aide du myographe sur des cylindres (ou des plaques) anim
vitesse connue. (Voir, pour les détails : Marey, *Du Mouvement*
fonctions de la vie, p. 411 et suivantes.) Baxt a mesuré sur l'h
vitesse de la transmission motrice à l'aide de la pince myograp
Marey ; le nerf radial était excité en deux points différents de s

2° *Nerfs sensitifs.* — Marey a cherché à déterminer la vites
transmission sensitive chez la grenouille en utilisant, comm
les mouvements réflexes de l'animal. Mais habituellement on o
l'homme même et de la façon suivante : On détermine une s
(par une décharge électrique, par exemple) en excitant un po
peau, et l'individu en expérience fait un signal dès qu'il p
sensation ; le moment de l'excitation et le signal sont inscrit
intervalle est mesuré par une des méthodes indiquées plus
recommence alors l'expérience en excitant un point plus élo
centres nerveux ; la différence des deux mesures donne la vi
la transmission sensitive ; on suppose, dans ce cas, que, dans
expériences successives, la durée de l'acte cérébral (percepti
sensation et volonté du mouvement qui sert de signal), la tran
nerveuse motrice et le mouvement lui-même ont eu la même
que la transmission nerveuse sensitive a seule varié. Mais,
l'exercice et l'attention, il n'en est pas toujours ainsi ; aussi
pas étonnant que les différents expérimentateurs soient arriv
chiffres très-variables, depuis 26 jusqu'à 94 mètres par seco
pendant, la moyenne paraît être aussi de 30 à 35 mètres (S
Hirsch, etc.), par conséquent à peu près la même que celle d
moteurs.

Fatigue des nerfs. — Comme pour le muscle, la fa
traduit pour les nerfs par une acidité plus grande et un
nution d'excitabilité. Il résulte de cette dernière diminut
le nerf fatigué ne peut entrer en activité que si on au
l'intensité de l'excitation ou si on change la nature de l'e
un nerf fatigué par des excitations électriques et qui ne
plus à ces excitations pourra entrer encore en activité p
tains agents chimiques.

b. — Physiologie générale des cellul nerveuses.

La substance grise se présente sous deux formes prin
celle de masses agglomérées, comme dans le centre

spinal (moelle et encéphale), ou bien celle de petites isolées ou ganglions, comme dans le grand sympa- Mais qu'elle soit agglomérée ou disséminée, ses pro- essentielles n'en sont pas changées et dépendent tou- s cellules nerveuses qui en constituent la partie la plus nte.

ropriétés physiques et chimiques de la substance grise eu près identiques à celles de la substance blanche, et donc qu'à renvoyer au agraphe précédent; une ose est à noter: la plus e proportion d'eau de la e grise, ce qui est en rap avec la vascularité plus la nutrition plus intense vitalité plus active de stance.

A. — EXCITABILITÉ DE LA SUBSTANCE GRISE.

tence d'une excitation préalable est aussi nécessaire pour e que pour la fibre nerveuse. A l'état physiologique, ce inairement des excitations nerveuses qui mettent en jeu vité, excitations provenant de la périphérie et transmises nerfs sensitifs, excitations provenant d'autres cellules s et transmises par les nerfs intercellulaires; ainsi, un erveux sensitif entrera en activité par suite d'une vibra- ineuse portée sur la rétine et transmise (comme modifi- core inconnue) par le nerf optique; un centre nerveux ntrera en activité par suite d'une excitation qui pourra soit d'un centre nerveux sensitif, comme dans les mou- réflexes, soit d'un centre psychique, comme dans les ents volontaires.

utre ces excitations physiologiques habituelles, pour e, il en est de plus obscures et moins fréquentes; tels exemple, un afflux sanguin plus considérable (qui éterminer des convulsions par excitation directe d'un oteur), l'état même du sang et la présence dans ce e substances particulières excitantes soit par leur na- me certains poisons, soit simplement par leur excès, acide carbonique dans l'asphyxie.

, par cet exposé, que nous rejetons tout à fait, pour la

cellule nerveuse comme du reste pour tous les autres élén spontanéité admise par beaucoup d'auteurs (¹).

Quant à savoir si l'excitabilité des cellules nerveuses p influencée par les excitations expérimentales directes, ques, physiques, électriques, etc., c'est une question de haute importance en physiologie nerveuse, mais qui sera plus loin à propos des centres nerveux. (Voir : *Excitabili moelle et de l'encéphale.*)

B. — DE L'ACTIVITÉ DES CELLULES NERVEUSES.

L'activité des cellules nerveuses a deux formes essenti conductibilité ou la transmission du mouvement et le ment de mouvement.

La *conductibilité nerveuse,* quoique plus spécialement à la substance blanche, existe aussi dans la substance gri sectionne tous les cordons blancs de la moelle, en respe substance grise, la transmission nerveuse, quoique affaib tinue encore à se faire; elle paraît seulement plus lente diffuse.

Le *dégagement de mouvement nerveux* est la propriét importante des cellules nerveuses; chaque cellule repré véritable réservoir de mouvement, et on peut donner le *décharge nerveuse* (qui ne préjuge rien) au dégagement vement moléculaire, encore inconnu dans son essence.

Le premier caractère de cette décharge nerveuse, *instantanéité.* Elle n'a qu'une durée très-courte, inappi aussi quand l'activité de la cellule nerveuse doit durer un temps, la décharge nerveuse, au lieu d'être continue, *intermittente* et consiste alors en une série de décharges sives, très-brèves, séparées par des intervalles de repos. a vu plus haut que la contraction musculaire se compo succession de secousses qui correspondent à autant d'ex

(¹) *L'automatisme spontané* que Luys attribue aux éléments ne paraît une expression impropre, car l'auteur lui-même a bien soi que cet automatisme se présente « soit sous l'influence d'incitatio « de cellules ambiantes, soit sous l'influence des incitations d'ori « phérique », ce qui assurément n'a rien de *spontané.* (Luys : *i sur le système nerveux,* page 271.)

parties du centre moteur ou à autant de décharges nerveuses; à l'état normal, ces décharges, et par suite les secousses, se succèdent avec assez de rapidité pour que les secousses se fusionnent en une contraction totale unique; quand, au contraire, le centre nerveux moteur, par suite d'altérations dues soit à l'âge, soit à d'autres causes, ne peut plus envoyer assez rapidement les décharges nerveuses successives, les secousses musculaires correspondant à chaque décharge sont trop espacées pour que leur fusion s'opère; chacune d'elles oduit à part et se termine avant que la suivante ait comn et il en résulte, au lieu d'une contraction totale, une de contractions partielles comme dans le tremblement sén alcoolique.

Il est probable que, dans les s centres nerveux comme dans les centres moteurs, cette nittence se présente aussi, car on la retrouve dans un trè nd nombre d'actions nerveuses, jusque dans la veille et le neil. Elle prend même très-souvent, comme dans les mouvem u cœur, la respiration, etc., un *caractère rhythmique* d'autant plus marqué que le fonctionnement nerveux est plus régulier.

Cette intermittence et ce rhythme, si fréquents dans les actions nerveuses, peuvent se comprendre jusqu'à un certain point si on se reporte au mode d'action de la plupart des excitants qui agissent sur la substance nerveuse. Les excitations des deux sens les plus importants, avec le toucher, la vue et l'ouïe, ne sont autre chose que des vibrations, vibrations lumineuses, vibrations sonores, d'un caractère essentiellement rhythmique; il en est de même des impressions de température et peut-être des impressions tactiles; le retour régulier du jour et de la nuit, peut-être aussi celui des différentes saisons, font revenir périodiquement certaines influences de chaleur, de lumière, etc., qui ont probablement leur corrélatif dans les centres nerveux et il n'y a rien d'étonnant ce que des excitations périodiques, à force d'agir sur la substance nerveuse, finissent à la longue par imprimer à son activité un caractère particulier d'intermittence et de périodicité.

La *quantité de mouvement* dégagée dans un centre nerveux activité ou l'*intensité de la décharge nerveuse* varie suivant taines conditions encore incomplètement connues. En général, gmente avec l'intensité de l'excitant : une faible excitation centre moteur déterminera de faibles mouvements; une

forte, des convulsions intenses. Le mode d'excitation ou la
de l'excitant paraît jouer aussi un rôle important, mais
indéterminé.

Un caractère essentiel de l'activité des centres nerveu
qu'une modification nerveuse fréquemment répétée se re
de plus en plus facilement et tend à se reproduire pour
faible excitation. Le centre nerveux paraît acquérir, par
une sorte d'état d'*équilibre instable*, grâce auquel il e
activité sous la plus légère impulsion. Si c'est un centre n
moteur, le mouvement devient, comme on dit, *machinal*
est quelque temps sans se produire, il survient dans le
nerveux une véritable tendance à le reproduire, tenda
s'accompagne d'un certain malaise si elle n'est pas sa
Il en est de même pour les centres nerveux sensitifs; qua
impression habituelle cesse d'agir, la cessation de l'excita
naire amène une sorte de sentiment mal défini qui const
désir ou un *besoin*.

La *nature* de la décharge nerveuse nous est compl
inconnue dans son essence. Mais, quelle que soit sa natur
décharge nerveuse peut présenter deux caractères différen
perçue ou *non perçue*, et les modifications des centres n
peuvent, à ce point de vue, se diviser en deux groupes :
fications conscientes et *modifications inconscientes*. Ce
cette distinction, quelque légitime qu'elle paraisse au
abord, est loin d'être absolue.

On trouve, en effet, un grand nombre d'actions nerveu
d'abord conscientes, deviennent ensuite inconscientes.
l'enfant commence à marcher, chaque mouvement est vol
et il a parfaitement conscience de chacun des essais q
pour avancer en conservant son équilibre; puis, peu à
tâtonnement des premiers pas disparaît, les mouvements,
cherchés et hésitants, deviennent automatiques et inconsc
la marche se fait enfin sans effort et sans qu'il y pense. La
présente un exemple encore plus frappant de cette transfor
d'actions, d'abord conscientes, en actions inconscientes,
est de même chez l'adulte (pianiste, violoniste, etc.).

**Deux hypothèses peuvent être faites pour expliquer les phén
précédents :**

une partie de l'excitation prend la voie indirecte, arrive au cen
l'action nerveuse redevient de nouveau consciente comme au d

2° Ou bien toutes les actions nerveuses sont primitivemen
cientes et deviennent inconscientes par la répétition et l'habitu

Quelque paradoxale que puisse paraître cette hypothèse et
étrange que semble, au premier abord, cette influence de l'h
elle n'a rien que de compatible avec les phénomènes d'inne
Ainsi, il y a dans le champ visuel toute une région correspon
punctum cæcum de la rétine (voir : *Vision*), qui ne nous donne
sensation visuelle; cependant nous ne nous apercevons pas
lacune et même, pour l'apercevoir, il faut nous placer dans des
tances toutes spéciales.

Dans cette hypothèse, il n'est plus besoin d'admettre des
conscients spéciaux et la voie indirecte n'a plus lieu d'existe
Fig. 64, page 305.) Dans ce cas, le fait de conscience ou non-con
dépendrait simplement de la durée de la transmission à tr
centre B. Si, comme pour des actions encore peu fréquentes, l
mission à travers B a une certaine durée, il y aurait conscien
n'existerait plus au contraire quand le centre B ayant été déjà
de nombreuses transmissions antérieures, cette transmission
avec une trop grande rapidité. On comprendrait alors commen
les actions nerveuses, comme celles de la vie organique, les mou
du cœur, etc., qui se répètent continuellement dès les premier
de l'existence, deviennent rapidement inconscientes, surtout si
la part de l'hérédité, grâce à laquelle une action nerveuse, pr
ment consciente et volontaire, peut devenir, par la répétition, te
liée à l'organisation qu'elle devienne héréditaire comme celle-c
se retrouve plus chez les descendants, au bout d'une longu
d'années, qu'à l'état d'action nerveuse inconsciente et automati
qui semble parler en faveur de cette hypothèse, c'est que les ga
qui, chez les vertébrés, n'agissent que comme centres nerveux
scients, paraissent agir chez certains animaux inférieurs comme
de sensations et de mouvements volontaires; puis, à mesure qu'on
dans la série, la conscience se réfugie dans des centres ganglio
distincts pour se localiser enfin, chez l'homme et les mammifère
l'encéphale. Cependant, même chez les vertébrés inférieurs, il s
peut-être encore une sorte de conscience rudimentaire dans les
inférieures de l'axe nerveux, ainsi dans la moelle de la grenouille
Moelle épinière.)

Cette hypothèse permet de comprendre ce fait, si connu en mé
et inexplicable dans toute autre théorie, que les actions nerveuse
niques, inconscientes à l'état normal, peuvent devenir consci
l'état pathologique; il suffit en effet d'un retard dans la trans
pour que le centre nerveux, étant plus fortement excité, ait con
de cette excitation qui, à l'état ordinaire, passe inaperçue.

catégorie d'agents extérieurs ne restât pas sans connex
l'organisme.

Il y a donc, à ce point de vue, une distinction essenti
l'activité des nerfs et celle des organes nerveux périph
ces derniers sont organisés spécialement pour réagir en
d'un excitant déterminé, lumière, vibration auditive, etc
on donne le nom d'excitant *homologue*, et on réserve
d'excitants *hétérologues* à tous ceux qui agissent indiffé
sur tous les nerfs ordinaires, comme les actions méca
chimiques.

La présence des organes nerveux périphériques déte
mode d'activité spéciale des centres nerveux sensitifs et
ou ce qu'on appelle encore l'*énergie spécifique* du ce
veux. Un centre nerveux moteur n'est moteur que parce
en relation, par un nerf, avec une plaque motrice term
un muscle; un centre nerveux sensitif n'est sensitif q
qu'une fibre nerveuse le rattache à une surface impres
ou à un organe sensitif périphérique (rétine, muqueu
tive, etc.).

d. — Phénomènes généraux de l'innerv

Les phénomènes généraux de l'innervation peuvent
portés à cinq chefs principaux : 1° impressions et se
2° actions réflexes; 3° actes instinctifs; 4° actes psy
5° actions nerveuses d'arrêt.

A. — IMPRESSIONS ET SENSATIONS.

Les impressions peuvent être perçues ou non perçues
premier cas, elles ont reçu le nom de sensations, et l
réserver le nom d'impressions proprement dites pour c
ne sont pas accompagnées de perception.

Les *impressions* ne peuvent exister qu'à la condition
citation périphérique qui les détermine soit transmise
nerf à un centre nerveux; aussi l'on ne donnera pas
d'impression à l'excitation qui portera directement sur
lule épithéliale, par exemple, et déterminera une multi

laire, si cette excitation reste localisée à la cellule excitée. les impressions sont-elles toujours suivies d'une action e, et nous ne pouvons conclure à une impression que par réflexe consécutif qui, en l'absence de la conscience, nous l'intervention du système nerveux.

impressions appartiennent surtout, mais pas exclusivement, phère organique et végétative. Ainsi le contact des aliments la muqueuse de l'estomac, qui ...uit une sécrétion de suc que, est un phénomène de c... e.

impressions conscientes ou ...*tions* ont leur point de tantôt dans des excitations ...riques, *sensations pro-nt dites*, tantôt dans une e... des centres nerveux èmes, *émotions*.

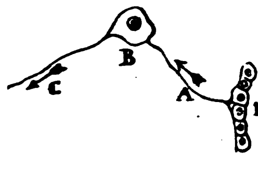
sensations peuvent être *ex*... *es*, comme les sensations les de la vue, du toucher, et... *internes*, comme les sens de faim et de soif. Tandis q... s sensations externes sont tement localisées, les sensations internes au contraire ont ractère beaucoup plus vague et plus indéterminé.

émotions (crainte, colère, etc.) sont des sensations de nature mplexe, mettant probablement en jeu un grand nombre de s d'impression et de centres psychiques. Les émotions sont t caractérisées par leur indétermination dans le temps et espace.

B. — ACTIONS RÉFLEXES.

actions réflexes peuvent être motrices ou sécrétoires et re aussi nutritives ou trophiques.

Mouvements réflexes. — Le mouvement réflexe, réduit à pression la plus simple, se compose de trois phases successives : 1° l'excitation initiale d'un nerf sensitif; 2° l'excitation d'un centre nerveux intermédiaire, centre réflexe; 3° l'excitation d'un nerf moteur et le mouvement réflexe qui l'accompagne.



65. — Arc nerveux simple.

par exemple (*fig.* 65), l'arc nerveux simple ou *excito-* A, B, C, qui n'est que la reproduction sous une autre forme

de l'appareil nerveux B de la figure 59; l'excitation init
produite en (1), transmise par le nerf sensitif jusqu'au cen
veux B, passe dans le nerf moteur C et arrive jusqu'à la
terminale de la fibre musculaire (2) qui se contracte. On
paré, dans ce cas, l'excitation à un rayon lumineux et le
nerveux à un miroir qui réfléchirait l'excitation de A en
le nom d'action réflexe. Mais la comparaison pèche en
qu'il n'y a pas en B simple transmission, mais qu'il y a
comme on l'a vu plus haut, dégagement de mouvem
oublié complétement dans la dénomination d'action réfle

Toujours, ou presque toujours, le centre réflexe se c
de deux cellules nerveuses (ou deux groupes de cellule
sensitive, l'autre motrice, réunies par une fibre intern
ou intercellulaire (*fig.* 66); mais, pour l'étude des phén

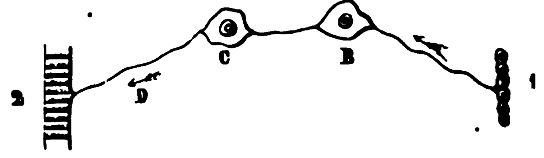


Fig. 66. — Arc réflexe double.

réflexes, on peut faire abstraction de ces deux catégo
cellules et considérer le centre réflexe comme un centre

Les trois phases de l'action réflexe présentent les ca
suivants :

1° L'excitation initiale peut partir indifféremment de
nerfs sensitifs, tant des nerfs des sens spéciaux que de
intérieurs du corps ; mais certains nerfs déterminent plu
ment les réflexes que d'autres ; ainsi, pour les nerfs
l'excitation des nerfs de la plante du pied, de la paum
main, etc., produisent des réflexes plus intenses, et il e
même pour les muqueuses.

La nature et la qualité de l'excitation ont aussi de l'in
sur la production des réflexes ; la titillation du conduit
produit la toux, tandis que le contact simple ne produit r
d'une façon générale, il y a une correspondance parfaite
mode d'excitation et le réflexe produit.

Le mouvement réflexe peut se montrer, non-seulemen
on excite la périphérie du nerf, mais encore quand on e

3° Les mouvements réflexes, troisième phase de l'ac
flexe, ont pour caractère essentiel d'être nécessaires et d

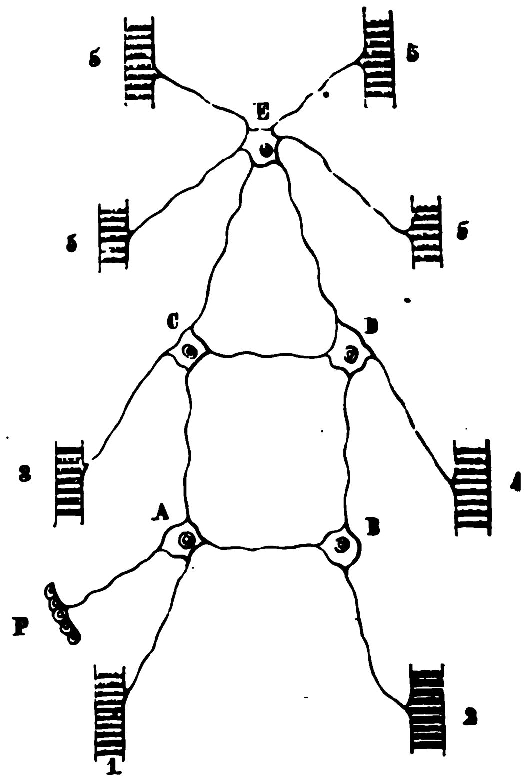


Fig. 67. — Loi des réflexes. (Voir page 313.)

immédiatement l'excitation initiale; étant nécessaires, ils
être et sont par cela même tout à fait involontaires.

Ces mouvements peuvent se passer dans tous les musc
bien dans les muscles lisses que dans les muscles striés,
muscles viscéraux que dans les muscles du squelette.

Quand ces mouvements portent non plus sur un se
ou groupe de muscles, mais sur plusieurs muscles ou
de muscles, on a des mouvements réflexes *composés*,
ainsi constitués par l'ensemble de plusieurs réflexes si

e la patte P, l'excitation se transmet au centre A et d… uscles (1) de la patte du même côté (*loi de l'unilat*… i l'excitation est plus intense, elle se transmet jusqu'au métrique du côté opposé B, et on a des contractions, noins fortes, dans les muscles symétriques (2) de la osée (*loi de la symétrie*); si l'excitation augmente, elle centres réflexes situés plus haut, C puis D, et on a des ns dans les muscles antérieurs du même côté (3) et dans ceux du côté opposé (4) ensuite (*loi de l'ir*…); enfin l'excitation, augmentant toujours d'intensité, squ'au centre réflexe E (bulbe), qui commande à peu les mouvements du corps, et on a des convulsions ées (*loi de la généralisation des réflexes*).

ntres réflexes se superposent et s'échelonnent en com- à des groupes de muscles de plus en plus étendus page 314). La cellule (1) commande, par exemple, la n du muscle M. Les trois premiers muscles, à gauche ure, seront sous la dépendance d'une cellule supé-), de façon que quand cette cellule sera excitée, ils se ront tous ensemble, tandis que si ce sont les cellules (1), ntracteront isolément. La cellule (3) à son tour com- eux groupes de muscles et par conséquent un mouve- plus complexe; ainsi, si les cellules (2) président, la aux mouvements de flexion de la jambe, la seconde vements de flexion de la cuisse, la cellule (3) qui les e toutes les deux tiendra sous sa direction ces deux

dire pour tous les mouvements réflexes composés, quelque
plexes qu'ils soient, et il suffira d'une excitation initiale p

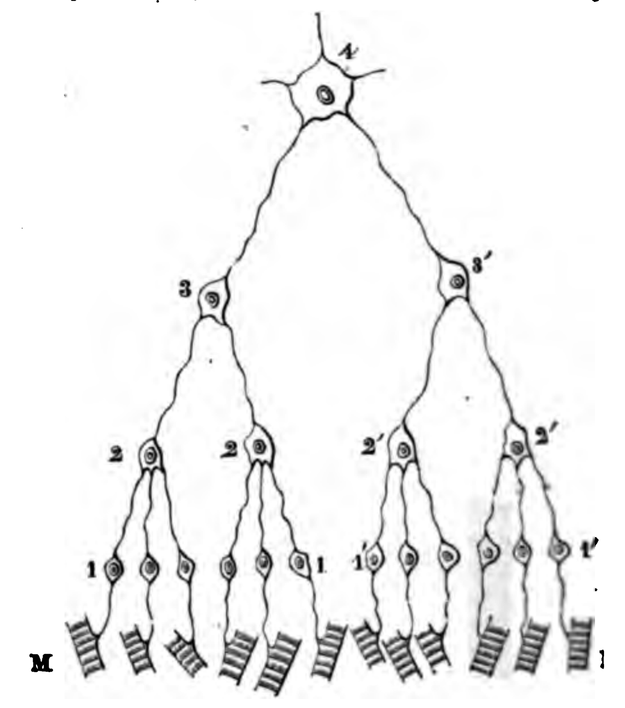


Fig. 68. — Superposition des centres réflexes. (Voir page 313.)

de la périphérie et agissant sur le centre supérieur uniqu
que tout l'ensemble correspondant des mouvements réfle
produise, sans que la volonté intervienne, comme tous les r
d'une horloge qu'on vient de monter se mettent immédiat
en mouvement.

Il n'est pas toujours facile de déterminer l'excitation i
qui a été le point de départ du mouvement réflexe co
Dans certains cas, l'éternument, la toux, par exemple, le
de départ est parfaitement net, mais dans d'autres il e
difficile d'en préciser le siége.

Il y a, sous ce rapport, une certaine différence entre l
flexes simples et les réflexes composés; tandis que da

simples l'excitation initiale part toujours d'un nerf péri-
, dans les réflexes composés, l'excitation initiale peut par-
utre centre nerveux, centre nerveux psychique, comme
ne idée d'odeur désagréable détermine les mouvements
isée, ou quand l'ennui détermine le bâillement; mais que
on parte de la périphérie ou d'un centre nerveux, la
nême de l'action réflexe n'en est pas modifiée et le phé-
prouve seulement qu'un centre nerveux peut être tour à
ité et excitateur par rappo à d'autres centres nerveux.
ouvements réflexes compos nt, les uns innés, comme
téter chez le nouveau-né, le autres acquis par l'habitude
ice, comme la marche. Ces derniers sont d'abord volon-
ce n'est qu'à la longue et p la répétition qu'ils devien-
chinaux et automatiques. (automatisme de mouve-
abord volontaires et conscients, se lie évidemment à un
nnement dans l'organisation et à des modifications spé-
oique inconnues) dans la structure des centres réflexes
ont chargés, modifications qui facilitent l'exécution de
vements. Cette organisation pourra devenir héréditaire
uite des générations et avec elle l'aptitude à ces mouve-
en résultera que, de même que dans la vie de l'individu,
vements, d'abord volontaires, deviennent machinaux par
, de même, dans la vie de l'espèce, des mouvements
es chez les parents deviendront machinaux et automa-
ez leurs descendants. C'est là la seule explication pos-
perfectionnement successif des espèces, et la réalité en
rée par l'hérédité de certains caractères et de certaines
dans une famille.

ouvements dits *automatiques*, comme les mouvements
, les mouvements respiratoires, etc., ne sont pas autre
e des mouvements réflexes composés, souvent rhythmi-
dans lesquels il est souvent difficile de préciser le mode
lisation de l'excitation initiale.

rétions réflexes. — Les surfaces périphériques sensitives
être rattachées non-seulement avec des muscles, mais
c des surfaces glandulaires (*fig.* 69, A, B, E, D, F, page 316).
cas, l'excitation initiale pourra se transmettre soit au
2) et produire une contraction, soit à la glande (3) et il
ira une sécrétion.

Toutes ou presque toutes les sécrétions sont sous l'i
de l'innervation, et le mécanisme ressemble tout à fait à

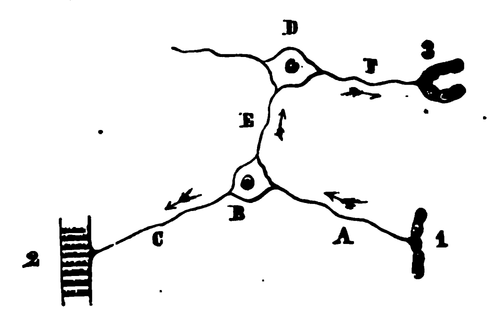


Fig. 69. — Sécrétion réflexe. (Voir page 315.)

réflexe dans lequel l'acte terminal serait une sécrétion
d'être un mouvement. Ainsi, le contact du vinaigre su
queuse linguale détermine un écoulement de salive.

L'excitation initiale qui détermine les sécrétions réfl
être, tantôt périphérique, comme dans l'exemple cité p
tantôt centrale, comme lorsque l'idée d'un repas fait v
vant l'expression vulgaire, l'eau à la bouche; et si
d'après les sécrétions dont on peut facilement constater l
tères, les deux modes d'excitation initiale se montrera
toutes les sécrétions.

C. — ACTES INSTINCTIFS.

Les actes instinctifs ne sont en réalité que des actes
tiques un peu plus compliqués, ou plutôt un ensemb
automatiques coordonnés pour un but déterminé. Il n'
pas, et il ne peut y avoir de limite précise entre les a
matiques et les actes instinctifs; il n'y a qu'une diffé
degré. L'instinct n'est qu'un phénomène réflexe d'un o
complexe que les réflexes ordinaires, mais cette comp
telle quelquefois, la coordination des actes est si prono
l'instinct touche presque aux actes psychiques; telles so
fication des oiseaux et la plupart des phénomènes de
certains insectes, abeilles, fourmis, etc.

L'excitation initiale qui détermine les actes instinctifs

1° L'activité des cellules nerveuses psychiques est
Cependant cette assertion est loin d'être absolue, et j'
haut des actes d'abord conscients et qui sont deven
inconscients. Il est probable, du reste, sinon démont
vertu de l'habitude et de la multiplicité simultanée
psychiques, ceux-là seuls sont perçus et connus qui
sur les autres par leur intensité ou par quelque cho
ticulier. Dans ce cas, la loi formulée plus haut se
énoncée dans les termes suivants: L'activité des ce
veuses psychiques est consciente quand elle atteint u
intensité.

2° Les cellules nerveuses psychiques ont la propri
server un certain temps la modification produite dan
rieur par les excitations qui agissent sur elles; ainsi les i
persistent quelque temps avant de s'effacer, et Luys a
rer ingénieusement ce phénomène à la phosphores
corps inorganiques ou mieux encore à cet emmagasi
la lumière observé par Niepce de Saint-Victor sur de
exposées aux rayons solaires et qui, après être rest
quatre heures dans l'obscurité, impressionnent encore
sensibilisée. Cette propriété, appelée *rétentivité* par
psychologues, existe non-seulement pour les impres
pour les mouvements, les idées, etc. La modification am
dans la cellule nerveuse peut persister à l'état laten
nous en ayons conscience. Enfin, quand l'excitation q
duite se renouvelle fréquemment, la modification, de t
peut devenir permanente. C'est sur cette propriété q
l'éducation.

3° La troisième propriété est celle de la *réviviscence*
dification une fois produite et qui persiste dans une c
chique à l'état latent, peut, sous certaines conditions,
avec assez d'intensité pour être perçue et donner lieu
psychiques. La mémoire est fondée sur ce phénomèn
viscence.

4° Quand deux modifications successives d'une mê
nerveuse se produisent, non-seulement on a la conscie
deux modifications, mais encore on a la conscience de
rence ou de leur *ressemblance*, et l'écart des deux mo
nous fait connaître le degré de la ressemblance ou d
rence.

d'un autre centre ou *sensation tactile*; je presse cont pierre ou je la soulève, et j'ai une troisième espèce de n tion d'un centre différent des deux précédents ou une s *musculaire*. Voilà donc trois modifications, trois sensat tinctes ayant pour siége trois centres nerveux différen l'excitation ne s'arrête pas là; elle se transmet à un cen élevé qui est en connexion avec ces trois centres nerv rieurs et qui fusionne ces trois choses, sensation visuell tion tactile, sensation musculaire, en une notion unique idée de quelque chose ayant telle couleur, telle surfa résistance, idée de la pierre que nous avons vue, touchée sorte de moyenne des trois sensations primaires qui l tuent. C'est là le premier pas vers la généralisation et l tion, et successivement à mesure que les excitations mettent de proche en proche à des centres plus élevés, le qui en résultent deviennent de plus en plus généra aboutir enfin aux généralisations les plus hautes du t l'espace et du mouvement.

Une deuxième propriété de ces centres nerveux supé celle de reconnaître les *coexistences* et les *successions* la conscience que deux excitations qui agissent sur agissent simultanément ou successivement. Il y a cepen limites à cette propriété et on verra plus loin, dans l' sensations spéciales, que deux sensations successives, qu se suivent très-rapidement, nous paraissent simultanée s'explique par cette loi générale, déjà mentionnée, qu'une excitation influence un centre nerveux et surt qu'elle devienne consciente, il faut qu'elle ait une certai (Voir aussi sur ces questions le chapitre des *Fonctions* c de la Physiologie spéciale.)

E. — ACTIONS NERVEUSES D'ARRÊT.

Les nerfs paraissent agir dans certains cas, non comm teurs, mais comme des *freins*. Ainsi l'excitation du gastrique arrête les battements du cœur; une émotio profonde produit une cessation subite de la contraction cles du squelette (les bras m'en tombent); une impressio sur la peau peut amener un arrêt de respiration, etc. C

ét s'observent aussi bien pour les sécrétions que pour les vements ; les sécrétions du lait, de la salive en offrent des ples remarquables. La discussion de cette question, très-re encore et très-controversée, sera faite dans une autre e du livre. (Voir : *Pneumogastrique* et *Physiologie des cen-nerveux*.)

ographie. — G. PROCHASKA : *Operum minor. anat. phys. et pathol. argum.* . — LEGALLOIS : *Œuvres complètes.* — CABANIS : *Rapports du physique et du* *al.* — MAGENDIE : *Leçons sur les fonct* … *maladies du système nerveux*, . — J. MULLER : *Phys. du système nerv* … r JOURDAN. — FLOURENS : *. expér. sur les propriétés et les foncti* … *nerveux*, 1842. — LONGET : *. et Phys. du syst. nerveux*, 1842. — F … *.. ité complet de l'anat., de* *hys. et de la pathologie du syst. nerve* … *-spinal*, 1844. — VOLKMANN : *le : Nervenphysiologie*, dans *Wagner* … *rterbuch.* — LOTZE : *Medici-he Psychologie*, 1852. — MARSHALL-HA … *du système spinal*, 1855. — DENHAIN : *Physiologische Studien*, 18 … T et GRATIOLET : *Anat.* *parée du système nerveux*, 1839-1857. … ARD : *Leçons sur la physio-* *et la pathologie du système nerveu* … LUYS : *Rech. sur le système* *eux cérébro-spinal*, 1865, et *Études de* … *pathol. cérébrales*, 1874. — CKHARD : *Experimentalphysiologie d* … 1866. — VULPIAN : *ns de physiologie générale et comparée* … r, 1866. — A. BAIN : *Sens et l'Intelligence* ; trad. par CAZELL … BERT SPENCER : *Prin-* *de psychologie* ; trad. par RIBOT et E … .

CHAPITRE TROISIÈME.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE DE L'ORGANISME.

1° NUTRITION.

e sang, ce *milieu intérieur*, comme l'appelle Cl. Bernard, est entre de tous les phénomènes de nutrition. En état de per-elle instabilité, il reçoit continuellement des principes nou-ux soit de l'extérieur, soit des tissus, et leur en restitue tres en échange, et malgré ces mutations incessantes, il y a tel équilibre, une telle corrélation entre les entrées et les ties, que sa composition se maintient au même état avec une stance remarquable. Il est essentiel, pour bien comprendre phénomènes de la nutrition, de les analyser d'une façon oureuse et d'étudier à part et en lui-même chacun des actes imes qui la constituent, et cette étude est d'autant plus néces-re qu'elle est en général négligée dans la plupart des ouvrages malgré son importance pour la médecine.

.ges entre le sang d'une part et les tissus et l'exté-

rieur de l'autre portent sur des gaz, des liquides et des
en dissolution, et pour que ces substances diverses j
servir à ces échanges, il faut qu'elles soient susceptibles
verser les membranes animales connectives et épithél
qu'elles satisfassent par conséquent à certaines conditi
ont été étudiées plus haut à propos de la physiologie
deux espèces de tissus.

a. — Actes intimes de la nutrition.

Si nous prenons d'abord les échanges entre le sang e
rieur, nous voyons que :

1° Le sang reçoit de l'extérieur (*absorption*) :

De l'oxygène ; *absorption respiratoire* ;

Des substances dérivées des aliments et devenues assi
par la digestion ; *absorption digestive* ;

Des produits de sécrétion versés dans les cavités du c
communication avec l'extérieur, comme la cavité dige
qui sont repris par le sang ; *absorption sécrétoire*.

2° Le sang élimine et renvoie à l'extérieur (*éliminatio*

De l'acide carbonique ; *exhalation respiratoire* ;

De l'eau et des principes solubles éliminés définiti
excrétion ;

De l'eau et des principes solubles destinés à être rep
tard par le sang ; *sécrétion*.

Si nous prenons maintenant les échanges du sang et de
nous voyons que :

1° Le sang fournit aux tissus (*transsudation interstiti*

De l'oxygène ; *exhalation gazeuse interstitielle* ;

Des matériaux solubles et de l'eau ; *transsudation* i
tielle.

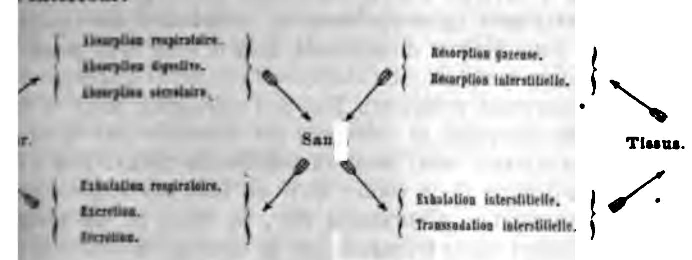
2° Le sang reçoit des tissus (*résorption*) :

De l'acide carbonique ; *résorption gazeuse interstitiell*

Des principes de déchet solubles ; *résorption interstiti*

Le tableau suivant présente, d'une façon schématique,
de ces différents actes et leur corrélation intime. On v
que leur ensemble constitue une sorte de 8 de chiffre
sang occupe le point de croisement et qu'il y a par con
une sorte de circulation croisée entre l'extérieur et les

ulation dont le sang forme le centre ; cette circulation offre x courants *sanguifuges*, l'un vers l'extérieur, l'autre vers les us, et deux courants *sanguipètes*, l'un venant des tissus, l'autre l'extérieur.



s quatre actes fondamentaux ıprenant dix actes seconres, sont les éléments essentiel la nutrition. L'étude isolée es divers actes est donc né ire et doit précéder l'étude la nutrition générale ; mais il y a là une très-grande difficulté. effet, l'absorption gazeuse d'oxygène et l'élimination d'acide bonique s'accomplissent par la même membrane et par leur nion constituent la fonction respiratoire, et quelle que soit r indépendance, il est presque impossible de les isoler l'une autre pour les étudier à part. Le même organe, le tube digestif, à l'absorption alimentaire, à la sécrétion, à l'excrétion, à sorption sécrétoire, etc., et les exemples de cette multiplicité fonctionnements pourraient être multipliés. On peut cepent, malgré ces difficultés, arriver, en les analysant, à des notions cises sur le mécanisme de ces actes intimes de la nutrition.

A. — ABSORPTION.

Pour arriver dans le sang, les substances venues de l'extérieur à traverser, quelles qu'elles soient : 1° une membrane épiliale, limite entre l'organisme et le milieu extérieur ; 2° une mbrane connective sous-jacente plus ou moins épaisse ; 3° la mbrane des capillaires sanguins. Cependant il y a une réserve faire sur ce dernier point. D'après les recherches modernes, il très-probable que les capillaires baignent dans les lacunes mphatiques du tissu connectif, de sorte que, dans ce cas, les s venues de l'extérieur, après avoir traversé les deux

premières membranes, arriveraient dans les lacunes ly ques et là pourraient suivre deux voies : ou bien être en par la lymphe et passer dans le sang par les canaux lympl sans avoir à traverser d'autre membrane (*absorption ly que*), ou traverser immédiatement la membrane des ca sanguins pour arriver directement dans le sang sans pa la circulation lymphatique (*absorption sanguine* appelé à tort *absorption veineuse*). Une fois introduite dans c'est-à-dire absorbée, la substance est entraînée par la tion et transportée ainsi jusqu'aux différents tissus. Il y dans l'absorption deux stades qu'il ne faut pas confon stade d'*absorption proprement dite, in situ*, et un s *généralisation* ou de transport par la circulation (précé l'absorption lymphatique par un stade intermédiaire lequel la substance parcourt les vaisseaux lymphatique le premier stade, la substance reste localisée dans le l'absorption s'est faite ; dans le second stade, elle impré l'organisme.

1° *Stade d'absorption proprement dite.* — On a vu p que la substance doit traverser d'abord une membrane liale et ensuite une membrane connective.

La traversée de la membrane épithéliale est celle qui p au point de vue physiologique, le plus grand intérêt et plus grande difficulté d'observation. Même pour les épi simples et à plus forte raison pour les épithéliums stratif un acte d'une très-grande complexité et dont le mécanis échappe en grande partie. En effet, supposons d'abord un



Fig. 70. — Épithélium simple et stratifié.

lium pavimenteux A, comme dans la figure 70 ; la su absorbée aura à traverser : 1° la face libre de la membr

2° la cavité cellulaire ; 3° la face profonde de la mem-
ellulaire (¹). La traversée de la membrane d'enveloppe se
rès les mêmes lois que pour les membranes connectives
es, mais il n'en est plus de même dans la cavité de la
où la substance se trouve en contact avec le protoplasma
oyau cellulaires, qui, très-probablement, en retardent la
e, en admettant même que la substance, et le contraire
ouvent, ne soit pas modifée au passage. L'absorption
ra en général encore plus difficile et la possibilité de
tions plus grande, si, au lieu d'un épithélium pavimen-
substance doit traverser un épithélium cylindrique, B, et
un épithélium stratifié, C. Il y aura donc, dans la rapidité
uelle la substance traversera l'épithélium, des différences
rront tenir, soit à l'épaisseur de la couche épithéliale et
bre des cellules à traverser, soit à la nature même de
hélium, et cette seconde condition nous échappe complé-
Une fois cet épithélium franchi, la substance n'a plus à
r, pour arriver dans le sang, que des membranes connec-
membrane sous-épithéliale, membrane vasculaire, endo-
vasculaire, autrement dit, des tissus rattachés aux tissus
ifs et dans lesquels l'absorption paraît beaucoup plus
que dans les épithéliums et semble suivre presque com-
nt les lois physiques. La nature même de la substance
e a aussi de l'influence sur la durée de ce stade de l'ab-
, et j'ai déjà mentionné plus haut la différence qui existe,
nt de vue, entre les cristalloïdes et les colloïdes.
sumé, le premier stade de l'absorption s'étend depuis le
de l'application de la substance absorbable jusqu'à son
dans le sang, et la durée de ce stade, ou autrement dit la
de l'absorption, varie suivant deux conditions princi-
s caractères de la surface absorbante et surtout de l'épi-
la nature de la substance absorbée. Plus la surface
le sera mince et pauvre en épithélium, plus la substance
sible, plus l'absorption sera rapide; plus elle sera lente
conditions contraires.

———

olement intime des cellules épithéliales rend peu probable l'opi-
es substances absorbées passeraient dans les interstices des cel-
ieu d'en traverser la cavité. Il en est peut-être autrement pour
éliums; dans ces derniers, en effet, un certain nombre d'histo-
mettent des ouvertures (*stomates*) situées entre les cellules
les et donnant accès dans les lacunes lymphatiques.

2° *Stade de généralisation.* — Ce stade débute au mo la substance arrive dans le sang; elle devient alors par grante de ce liquide et est transportée avec lui dans t régions de l'organisme. Elle a donc forcément la mêm que les molécules sanguines et met le même temps q parcourir le circuit vasculaire, c'est-à-dire environ 23 s (Voir: *Circulation.*) Donc, en moins de 23 secondes, u stance arrivée dans le sang imprègne déjà tout l'organi été *offerte* à tous les tissus et à tous les organes, et par con la durée de ce stade de généralisation est à peu près in et, comme on le voit, très-courte.

Il en résulte que ce qu'on appelle *rapidité de l'absor* compose de deux facteurs, l'un *constant*, durant 23 se c'est la généralisation de la substance dans l'organisme; seul *variable*, c'est l'absorption proprement dite. Tant substance en est encore au premier stade, l'absorption e et on peut encore l'arrêter et empêcher la pénétration de stance dans le sang; mais dès que la substance a pénétré sang, l'absorption est *générale* et on ne pourrait l'arrêt arrêtant la circulation.

Enfin, dans l'absorption par les lymphatiques, entre c stades, d'absorption locale et d'absorption générale, placer une période intermédiaire pendant laquelle la s est transportée avec la lymphe, période dont la durée, celle d'une circulation lymphatique, ne peut encore être d'une façon précise.

Mais le sang et la lymphe ne jouent pas seulement d'agents de transport dans l'absorption, ils ont encore fluence indirecte sur l'absorption locale. En effet, à par cialité d'action toute vitale des épithéliums, l'absorption par les lois physiques de la diffusion et de l'endosmo cellule ou une membrane déjà imbibée d'un liquide ne en recevoir une plus grande quantité si, préalablement, o a enlevé une partie de ce liquide, et, d'une façon géné tissus absorberont d'autant moins d'une substance qu'il plus rapprochés de leur point de saturation pour cette su Aussi, dans le premier stade d'absorption locale, cette ab serait vite arrêtée, la membrane arrivant à son point de tion, si le sang ne débarrassait, au fur et à mesure, cett brane de la substance absorbée, en la mettant dans des co

:, au bout de quelque temps on voit survenir des con-
ui indiquent que le poison est arrivé jusqu'à la moelle

ditions qui influencent l'absorption d'une façon géné-
es suivantes :
ature de la surface absorbante, c'est-à-dire son épais-
rme et l'épaisseur de son épithélium, et en première
pécialité d'action de cet épithélium. Une membrane
, à épithélium pavimenteux, presque endothélial,
muqueuse pulmonaire, absorbera très-facilement, tandis
la peau épaisse et couverte d'un épiderme stratifié,
n sera beaucoup plus lente et, dans bien des cas, im-
Enfin quelques surfaces paraissent tout à fait réfrac-
'absorption, au moins pour certaines substances; telle
la muqueuse vésicale.
ature de la substance à absorber. — Certaines sub-
surtout celles à fort équivalent endosmotique, comme
les, sont difficilement absorbables; mais, même dans ce
peuvent devenir plus facilement absorbables dans des
déterminées. Ainsi l'albumine traverse plus facilement
ranes quand elle est en solution alcaline. La concentra-
solution favorise aussi l'absorption. En outre, si la
est rapidement éliminée ou transformée par le sang,
ption sera plus rapide.
ng agit sur l'absorption par sa quantité et par sa qua-

ralentirait au contraire en diminuant la masse du sa
assertion de Kaupp mériterait cependant d'être vérifié
mentation de la pression sanguine tend aussi à diminuer
tion. La qualité du sang a encore une influence très-
Les substances qui existent déjà dans ce liquide seront a
plus difficilement lorsqu'elles s'y trouveront en plus f
portion; ce sera l'inverse pour les substances qui n'y exi
ou qui ne s'y trouvent qu'en proportion minime.

4° L'état de la *lymphe* agit sur l'absorption de la mê
que l'état du sang.

Les différents modes d'absorption seront étudiés p
l'absorption d'oxygène avec la respiration, l'absorption
et l'absorption sécrétoire avec la digestion.

B. — ÉLIMINATION.

L'élimination est l'acte corrélatif de l'absorption, et
réalité, soumis aux mêmes lois et aux mêmes conditions
que de l'eau venue de l'extérieur, par exemple, soit ab
passe dans le sang, ou qu'elle soit éliminée du sang et
l'extérieur, elle n'en a pas moins les mêmes membran
verser; seulement elle le fait en sens inverse, mais cela n
rien au mécanisme du passage. Ici, comme tout à l'heu
ture de la membrane à traverser (membrane d'élimin
nature de la substance, l'état du sang et de la lymphe,
rôle essentiel.

C'est cette élimination qui assure la constance de co
du sang. Aussi est-il très-difficile de faire varier artific
la composition du liquide sanguin et la proportion des
qui le constituent, à moins d'empêcher la surface élimin
fonctionner. Ainsi, après la ligature de la trachée, l'acid
nique s'accumulera dans le sang, les voies suppléme
l'exhalation carbonique, comme la peau, ne pouvant r
l'exhalation pulmonaire; l'ablation des reins a la mê
par rapport à l'urée. Il semble y avoir, pour chaque
introduite ou préexistante dans le sang, une dose max
delà de laquelle l'excès de la substance est immé
éliminé; ainsi quand la quantité de glycose dans le san
0,4 p. 100, elle apparait dans les urines. (Cl. Bernard.)

obstacles que l'élimination met aux changements de com-
on du sang se montrent bien dans les expériences dans les-
s les animaux sont soumis à une alimentation très-acide; le
n'en reste pas moins alcalin avec une remarquable fixité.
offmann.)
xhalation gazeuse d'acide carbonique sera étudiée avec la
ation.
xcrétion et la sécrétion ont é[illegible]diées à propos de la phy-
ie de l'épithélium.

C. — TRANSSUDATION ET EXH[illegible] INTERSTITIELLES.

ndant son passage au traver[illegible] les tissus et des organes, le
abandonne à leurs éléments un certain nombre de prin-
; ces principes sont de deu[illegible] ordres, en premier lieu de
gène, en second lieu des matériaux de renouvellement des-
à réparer les pertes faites par ces tissus. Là, comme pour
changes entre le sang et l'extérieur, la lymphe paraît être
rmédiaire obligé entre le sang et les tissus; ces principes
nt avec la lymphe à travers la membrane des capillaires, et
dans cette lymphe que les tissus prennent à leur tour l'oxy-
et les matériaux nécessaires à leur activité vitale. Ces maté-
varieront naturellement suivant les besoins de chaque
; *l'offre est la même, la demande diffère.*
processus intime se compose de deux actes secondaires :
e passage même des substances depuis le sang jusqu'aux
s; 2° le choix fait par chaque tissu dans le liquide qui lui est
t. Le premier acte est presque complétement physique : en
, il n'y a pas là d'épithélium interposé entre le sang et le
; il n'y a guère que des membranes connectives et l'endo-
ium vasculaire; aussi ce passage doit-il être très-rapide et
r ainsi dire instantané. On comprend alors pourquoi, dans
orption des substances médicamenteuses et toxiques, une fois
ubstance généralisée et transportée par le sang dans tout
anisme, cette substance entre immédiatement en contact avec
ssus et exerce sur eux son action. Ce premier acte est sous
épendance directe de la pression sanguine et se confond, en
é, avec la formation même de la lymphe. (Voir : *Lymphe.*)
second acte, au contraire, est un acte vital, physiologique

Chaque tissu choisit ce qui lui convient dans la lym l'entoure. Malheureusement nous connaissons fort peu l nisme intime de cet acte; nous ignorons presque compl quelles substances prend un tissu donné, sous quelle en quelle quantité, sous quelles conditions; et nous n'a données un peu positives que pour l'oxygène; ainsi on sa muscle en état d'activité emploie plus d'oxygène qu'à l repos; mais pour tous les autres principes, nous somm une ignorance absolue.

On a beaucoup discuté la question de savoir si l'oxyg versait les parois des capillaires pour arriver jusqu'au co tissus, ou si les substances réductrices des tissus allaient l'oxygène dans le sang pour se combiner avec lui. Il est p que des oxydations se font dans l'intérieur même des va mais il paraît à peu près certain que la plus grande parti en dehors des capillaires et dans l'intimité des tissus. (déjà que le sang sorti des vaisseaux perd très-peu d'oxy en est de même si on ajoute au sang des substances t dables, comme de la glycose ou de l'urate de soude. (F. D'un autre côté, le sang perd, au contraire, très-vite son si on l'injecte à travers les capillaires d'un organe pris animal qu'on vient de tuer (reins, poumons; Ludwig), ou met en contact avec de la levûre de bière par l'intern d'une membrane animale (P. Schutzenberger). Sous qu fluence maintenant l'oxygène est-il ainsi enlevé à l'h bine, lorsque dans nos laboratoires il faut, pour le dégag combinaison d'oxyhémoglobine, une diminution de pressi considérable? (Voir : *Extraction des gaz du sang*.) Il y action qui n'est pas encore expliquée.

Ce qui prouve la rapidité de ces phénomènes de trans nutritive, c'est que les molécules sanguines ne metten qu'une seconde pour traverser les capillaires d'un organ à-dire pour passer des artérioles dans les petites veines, et actes précédents doivent s'accomplir pendant ce court es temps.

D. — RÉSORPTION INTERSTITIELLE.

La résorption interstitielle marche de pair avec la tra tion interstitielle. A mesure que le sang fournit aux ti

: et des matériaux de nutrition, les tissus rendent au
'acide carbonique et des matériaux de déchet; la résorp-
ésente donc la contre-partie de la transsudation, et les
emarques leur sont applicables à toutes deux.
ept, nous sommes peut-être un peu plus avancés sur cet
sur l'acte de transsudation. Si nous ignorons presque
ment quels sont les matériaux fournis par le sang aux
ous connaissons un peu mieux quels sont les produits,
ts que les tissus fournissent au sang; on sait aujourd'hui,
certain nombre de tissus au moins, quels sont leurs pro-
désassimilation, et la chimie physiologique fait tous les
réels progrès sous ce rapport.
me question qui a été agitée tout à l'heure se retrouve
r la résorption, à savoir : celle du lieu de formation de
rbonique et s'il faut le placer dans le sang même ou
organes. C'est à l'ensemble de ces deux actes, extraction
gène du sang, restitution d'acide carbonique au sang,
onné le nom de *respiration interne* ou *respiration des*
es tissus respirent comme le sang lui-même; ils absor-
'oxygène et éliminent de l'acide carbonique; seulement
est leur milieu respiratoire comme l'air atmosphérique
lieu respiratoire du sang, et la respiration des tissus est
able *respiration aquatique.*

ganes et les tissus dépourvus de vaisseaux n'en sont pas
ns la dépendance du sang pour leur nutrition; seulement
endance est moins immédiate; le cartilage, par exemple,
matériaux de nutrition, de proche en proche, du tissu
osseux sous-jacent, et ses matériaux de déchet s'éli-
la même façon; mais sa vitalité est très-inférieure;
nd il a à développer une vitalité plus intense, comme
nt de l'ossification, se creuse-t-il des canaux qui en font,
certaine période, un organe vasculaire.
sus épithéliaux, dont la vitalité est si active, et qui sont
t dépourvus de vaisseaux, paraissent au premier abord
ord avec cette loi générale de la relation entre la vas-
t l'activité d'un tissu. Mais la contradiction n'est qu'ap-
es surfaces sous-épithéliales sont en général très-vas-
et les cellules de l'épithélium simple ou les cellules
de l'épithélium stratifié sont en rapport aussi immédiat

avec les capillaires sous-jacents qu'une fibre musculaire (cellule nerveuse avec les capillaires qui l'entourent. En ou cellules épithéliales ont une activité vitale très-énergiqu elles opposent une barrière ou un retard au passage d stances indifférentes ou nuisibles, elles s'emparent avec u grande rapidité des substances qui peuvent servir à leur nu à leur accroissement et à leur multiplication.

On a vu plus haut que les déchets des épithéliums étai minés à l'extérieur sans être versés dans le sang; il faudı ajouter aux dix actes intimes de la nutrition énumérés plu un onzième acte qui, lui, ne se fait plus par l'intermédi sang, c'est l'*élimination* ou la *mue épithéliale.*

b. — Phénomènes généraux de la nutri

Les phénomènes généraux de la nutrition sont au nom deux, l'assimilation et la désassimilation, auxquels se ra l'accroissement et la régénération des tissus.

A. — ASSIMILATION.

L'assimilation est destinée, soit à réparer les pertes de soit à l'accroissement de ces tissus ou à leur régénération pour condition l'apport de matériaux de nutrition ve l'extérieur et qui, après avoir passé dans le sang (ab digestive), arrivent aux tissus (transsudation interstitielle) emploient et les mettent en œuvre.

Ces matériaux de nutrition peuvent se diviser en deux et cette division présente la plus grande importance au ı vue physiologique : 1° Les uns, ce sont les plus importan plus nombreux, entrent dans la constitution même du tiss partie intégrante de sa substance, de telle façon que san tissu ne pourrait exister; tels sont les albuminoïdes, c substances minérales, etc.; on peut les appeler *principes tuants.* 2° Les autres, *principes auxiliaires,* ne font qu'im le suc intra- ou extra-cellulaire sans entrer dans la con même de la cellule; telle est probablement une partie de cose et peut-être de la graisse introduite par l'alimentat principes traversent, sans s'y fixer, les éléments et les tis

donne naissance à toute la série déjà étudiée des pro
désassimilation. Il y a donc dans la désassimilation deux
l'usure même des tissus et l'usure des matériaux oxyd
sang. Malheureusement, la part faite à ces deux actes
organe donné ne peut être évaluée exactement, et on v
loin que, pour les muscles par exemple, tantôt on a cru
désassimilation portait sur le tissu musculaire seul, tantôt
principes oxydables auxiliaires, à l'exclusion du tissu mu
Il est plus que probable que les deux modes intervien
même que la part prise dans la désassimilation par les p
auxiliaires est la plus considérable; dans ce cas, l'usure d
ne se produirait d'une façon notable que lorsque les p
auxiliaires fournis par le sang seraient en quantité trop f

La désassimilation est liée à la production de force vi
leur, mouvement, etc.), et elle en est la condition indisp
Aussi, quand cette production de forces vives est exagérée
excessif, chaleur fébrile, etc.), la consommation des p
auxiliaires ne suffisant pas pour compléter la somme d
vives exigée, les principes constituants du tissu doivent
en s'oxydant ce complément de forces vives nécessaires.
muscle, par exemple, qui, à l'état de contraction normale, f
un travail mécanique représenté par 10; sur ce chiffre
produits, je suppose, par l'usure de la substance mu
même et 8 par celle des principes auxiliaires; mais si l
monte à 20 et que les produits auxiliaires apportés par
ne puissent fournir que 13 du travail demandé, les 7
devront être fournis par la substance musculaire ell
qui constitue une réserve oxydable, sinon inépuisable, a
plus abondante que les substances auxiliaires dont l'ap
limité, et cette usure du muscle n'aurait pour limites
destruction même de l'organe si la fatigue (production
lactique) n'intervenait pas pour arrêter les contractions
lissant l'irritabilité musculaire.

C. — ACCROISSEMENT.

A l'état normal et sur un organisme qui a terminé s
sance, la désassimilation et l'assimilation marchent de pa
et à mesure que l'usure d'un tissu prive ce tissu de ses p

nts, la réparation se fait et l'organisme assimile de nou-
incipes en échange de ceux qu'il a perdus. Dans ce cas,
le conditions particulières, il y a égalité entre les prin-
dus et les principes assimilés; l'organisme ne gagne ni
il reste dans le *statu quo*; l'équilibre existe entre les
t les sorties.
t équilibre n'existe pas toujours, et même on peut dire
vrai que théoriquement, et que la plus faible cause suffit
ompre. Dans ce cas, s'il y des entrées sur les
le l'assimilation sur la d similation, l'organisme
il décroît dans les condition raires.
ement parler, l'accroisseme t qu'une augmentation
Mais un tissu ou un org peuvent augmenter de
deux façons : 1° par l'au ntation de volume des
léjà existants; 2° par l'adjo on aux éléments préexis-
ments nouveaux, autremen it, par formation ou mul-
cellulaire. Le premier mo e, augmentation de volume
nts déjà existants, est en général très-limité; les élé-
tomiques ont à peu près le même volume chez des
le taille très-différente, et on trouvera les mêmes dimen-
exemple, pour la fibre musculaire d'un animal micro-
ue pour celle d'une baleine; cependant, pour un orga-
né, la santé et la vitalité d'un élément anatomique se
par une plénitude, par une sorte de *turgor* due à la
lulaire, et en somme par une véritable hypertrophie.
ellement l'accroissement s'accompagne de la produc-
ents nouveaux, d'une prolifération cellulaire. Quel que
de de production des cellules nouvelles, ces cellules
e juxtaposer aux cellules anciennes et, suivant le mode
sition, donnent lieu aux divers genres d'accroissement
Tantôt l'accroissement est disséminé, c'est-à-dire que les
uvellement formées se produisent dans toute la masse
s les sens, de façon que l'organe augmente de volume
trois dimensions; tel paraît être le cas des organes
mme le foie, le cerveau, etc. Tantôt l'accroissement
surface, comme dans les membranes épithéliales par
antôt enfin, comme dans les tubes nerveux de l'enfant,
ntent de longueur à mesure que la taille s'élève, l'ac-
t est linéaire et se fait suivant une seule dimension.
favorise l'accroissement; un muscle devient plus volu-

mineux par l'exercice. Il semble qu'il y ait là une conti
avec cet autre fait de l'usure des tissus par l'activité e
mais il faut remarquer que cette usure ne s'observe av
sité que quand l'activité est poussée jusqu'à la fatig
l'exercice modéré, l'afflux sanguin augmente (par de
encore inconnues), et comme l'apport de substances a
oxydables suffit pour la contraction, le tissu même n'a pa
notable à subir et trouve au contraire, dans l'excès de
lui arrive, un excès de matériaux nutritifs et de princip
tuants, autrement dit, une plus riche alimentation; il es
cas d'un individu qui se nourrit plus qu'il n'est besoi
somme d'exercice qu'il fait et qui, par conséquent, engr

L'accroissement est surtout actif pendant toute la
période de la vie, depuis l'origine de l'embryon jusq
adulte, où un *statu quo*, un équilibre *relatif* s'établit
entrées et les sorties. Alors l'accroissement s'arrête, puis
d'un certain temps, variable pour chaque espèce, une
inverse commence, période de rétrogradation, dans la
sorties sont en excès sur les entrées.

Les causes de cet arrêt de l'accroissement à un mome
déterminé pour chaque espèce, sont assez obscures et
bablement de nature complexe.

Pour comprendre ces causes, il faut bien se rendr
des conditions de l'accroissement. Cet accroissement ré
excès de l'assimilation sur la désassimilation, de la r
sur l'usure des tissus, de l'alimentation sur l'excrétion, d
sur les sorties. Ceci donné, les causes de l'arrêt d'accr
sont au nombre de quatre principales:

1° Chaque organisme, en venant au monde, apporte u
vital différent, comme un marchand commence son c
l'un avec de petits, l'autre avec de grands capitaux.
comparaison, due à Herbert Spencer, n'exprime pas e
ment le fait physiologique, et il faut y ajouter un éclair
On verra plus loin (voir: *Reproduction*) que le nombre
rations successives que peut fournir un organisme e
qu'au bout d'un certain temps, au bout d'un certain
de générations, les organismes formés ont perdu le po
donner naissance à de nouveaux organismes semblab
à moins que des conditions nouvelles n'interviennent
existe pour les organismes pris dans leur ensemble ex

bablement pour les éléments de ces organismes ; une cellule t fournir une série de générations cellulaires successives, is pas indéfiniment ; et il semble que le mouvement formateur ial, après s'être transmis de génération en génération, finisse s'anéantir et disparaître, la fertilité diminuant peu à peu pour re place à la stérilité des derniers éléments qui terminent le le cellulaire. Évidemment ceci ne nous explique pas le fait lui-même ; mais c'est déjà quelque chose que de rattacher olution des éléments et des t l'évolution générale des anismes, et n'est-ce pas simp ue de n'avoir plus qu'un blème à résoudre au lieu de On a vu plus haut que croissement consiste surtout e multiplication des élé-nts, c'est-à-dire en une formati léments nouveaux ; si les ments primordiaux des organe e l'organisme n'ont qu'une ssance formatrice limitée, et n vent fournir qu'un certain mbre de générations successi il arrivera forcément un ant où, ces générations étant sées, l'organisme et l'organe rrêteront dans leur évolution progressive.

2° L'assimilation et la désassimilation ne peuvent se faire que des échanges incessants entre le sang et les tissus. Ces anges ont pour condition la traversée des membranes vivantes mbranes de cellules et membranes connectives) par le plasma guin et lymphatique. Ce plasma n'est autre chose qu'une tion d'albuminoïdes et de sels minéraux ; cette solution tra-e ces membranes comme l'eau traverse un filtre poreux ; or, même qu'un filtre s'incruste peu à peu des substances dis-tes dans l'eau et finit par ne plus pouvoir être utilisé parce ses pores se rétrécissent et se bouchent, de même les mem-nes organiques semblent pouvoir aussi s'incruster à la longue substances minérales, et surtout de sels calcaires ; la substance ante se minéralise peu à peu. Cette minéralisation, cette in-sation produit deux résultats, l'un purement physique, l'autre ico-vital. Les membranes deviennent d'abord moins per-ables à l'eau, ce qu'indique la moindre proportion d'eau des s à mesure qu'on avance en âge, et comme l'eau est l'agent tiel de la nutrition et surtout de la réparation organique, e réparation est insuffisante et ne compense plus l'usure organes qui se mettent à décroître et à s'atrophier. La désas-il est vrai, est bien entravée aussi par cette dimi-perméabilité, mais pas dans la même proportion ; en

effet, une partie des pertes se fait par desquammation é
(chute des couches cornées de l'épiderme, chute des p
duction de matière sébacée, etc.); il y a donc diminu
deux processus de la nutrition, mais la diminution de
lation est proportionnellement plus considérable. En
substance organique, en se minéralisant, perd de son i
instabilité qui, comme on l'a vu dans les Prolégomène
des conditions essentielles des échanges nutritifs; el
plus fixe et cette fixité diminue les phénomènes de nutr
toute diminution dans ces phénomènes portera plutôt s
milation que sur la désassimilation; l'oxydation sera
plus énergique que la réparation; dans l'organisme vivan
ailleurs, il est plus facile de détruire que de fonder.

Une remarque à faire à ce propos, c'est que cette miné
s'accuse surtout chez les tissus dépourvus de vaisseaux
les cartilages, le tissu corné, qui ne reçoivent leurs m
de nutrition que de seconde main. Les cartilages s'incr
sels calcaires avec l'âge, et les cheveux blancs contien
plus forte proportion de chaux que les cheveux d'u
couleur.

3° L'insuffisance de la réparation par l'impossibilité
ser un certain maximum d'alimentation a déjà été
page 21. On a vu que, tandis que la masse de l'organism
suite l'usure) croît comme le cube, la réparation ne
comme le carré. En effet, la surface d'introduction des
(estomac et intestin grêle) ne croît pas dans le même
que la masse même du corps. Chez l'enfant de trois ans,
de l'intestin grêle est au poids du corps :: 16 : 1000;
dulte, il n'est que :: 10 : 1000; chez ce dernier, le
corps est devenu six fois plus fort; le poids de l'inte
n'a fait que tripler. En comparant les surfaces intestinale
des poids, on arriverait aux mêmes résultats.

4° Enfin, l'augmentation de l'usure des tissus à mesu
corps s'accroît est la quatrième cause d'arrêt de l'accro
En effet, la masse à mouvoir dans les mouvements de lo
est constituée par des organes (muscles, os, viscères)
croissent suivant leurs trois dimensions; les agents du
ment, les muscles, s'accroissent aussi suivant les trois di
c'est-à-dire en longueur et en épaisseur; mais l'augmen
longueur n'a aucune action sur l'énergie du mouvemen

nous observons actuellement, et ces modifications, acquises, peuvent même avoir un remarquable cara fixité.

E. — RÉGÉNÉRATION.

La régénération n'est qu'un cas particulier de l'accroi Seulement, l'accroissement succède à l'ablation d'une l'organisme et se localise en un point pour remplacer l enlevée. A l'état normal, cette génération est continue certains éléments, cellules épithéliales, globules sanguin elle n'est qu'une des formes de la nutrition. Mais cette r tion peut encore se faire même pour des éléments chez à l'état normal, le renouvellement est moléculaire et n telles seront, par exemple, une fibre musculaire ou nerveuse. La régénération n'est pas limitée à la reprodu cellules ou d'éléments anatomiques simples; elle peut êt plus loin et aboutir à la reproduction d'organes et de entiers, être identique par conséquent aux phénomènes loppement de l'organisme, comme dans la vie embry Chez les animaux inférieurs, cette puissance réparatrice sidérable : un fragment d'hydre reproduit un animal co en est de même chez certains vertébrés inférieurs, e monde connaît les faits de reproduction d'un membr queue, d'un œil, chez les salamandres aquatiques (trito l'homme même, des faits semblables ont été observés fœtus; Simpson a vu plusieurs cas de reproduction in d'un membre à la suite d'amputation spontanée, et, chez on a constaté la reproduction d'un doigt surnuméraire a ablation. Chez l'adulte, la puissance régénératrice est b limitée, mais elle est encore assez prononcée, comme vent les recherches des chirurgiens et en particulier l riences d'Ollier sur la régénération périostique des os. dire, en somme, que toute la science chirurgicale est b cette puissance réparatrice de l'organisme.

A la régénération peuvent être rattachés les phénom *transplantation organique*. Quand une cellule est déta l'organisme auquel elle appartenait, elle n'en conti moins de vivre pendant quelque temps, et, dans cert

introduites en excès par l'alimentation (tissu cellulair cutané, tissu cellulaire interstitiel, épiploons, etc.).

Pour les hydrocarbonés et les albuminoïdes, on est b moins avancé. Cependant il me paraît que les données de la physiologie permettent d'en préciser le siége d'un presque certaine. L'amidon et les hydrocarbonés s'emma chez l'adulte dans le foie, dont les cellules contiennent de la substance glycogène, et qui retient au passage, transformant, une partie des substances hydrocarbonées mentation. Les albuminoïdes s'emmagasinent dans les lymphoïdes (rate et ganglions lymphatiques); tous ces sont en effet très-riches en substances azotées; ils jouent rôle essentiel dans la formation des tissus, comme le pro développement chez le fœtus et dans l'enfance; enfin ils siége principal, sinon unique, de la production des globule dont le rôle formateur est hors de doute. Aussi, dans l'in ces organes subissent-ils une perte de poids qui appr celle de la graisse, comme le prouvent les chiffres suiv Chossat:

	Perte de poids pou
Graisse.	0,933
Rate.	0,714
Pancréas	0,641
Foie.	0,520

On ne voit pas, en effet, pourquoi la graisse seule de l' tation aurait la propriété de s'accumuler ainsi dans l'or au détriment des autres substances, et pourquoi l'exc dernières ne s'emmagasinerait pas aussi dans certains Il est vrai qu'une partie de la graisse du corps semble pro dédoublement des albuminoïdes et d'une transformation drocarbonés; mais *tout* l'excès de ces substances n'est lisé de cette façon, et ce qui reste après l'utilisation immé la transformation graisseuse doit être mis en réserve quel

La réserve organique comprendra donc:

— La réserve graisseuse ayant pour siége le tissu con

— La réserve amylacée, dont le siége est dans le f l'adulte, dans d'autres organes et tissus chez le fœtu *Nutrition du fœtus*);

les objets; il est facile de les recueillir en filtrant l'air coton ou de l'amiante, et on peut à volonté, en semant mes ainsi recueillis, déterminer l'apparition d'êtres vivan cette conséquence que pour pouvoir tirer des conclus expériences de génération spontanée, il faut empêc germes d'arriver au milieu dans lequel les organismes naître spontanément. Le meilleur moyen de détruire ces est la chaleur; mais il faut que cette chaleur soit por haut et des expériences nombreuses ont montré que la t ture de l'ébullition ne suffit pas toujours pour détruire ces et qu'il en est qui résistent, surtout après dessiccation, à (pératures de 110, 120 et 140 degrés. Or, la plupart des su organiques éprouvent déjà à 100 degrés des altérations (vent modifier considérablement leur composition intim conséquent les rendre impropres à la formation d'org vivants. Il y a donc là, dans l'expérimentation, une (dilemme dont il est à peu près impossible de sortir et qu que pourquoi, malgré toutes les recherches, la questi(toujours *ouverte*.

Sans entrer dans les détails de la discussion pour la(renvoie aux sources originales, je me contenterai de : les principales expériences *pour* et *contre* l'hétérogénie.

Voici la plus importante expérience de Pouchet. Il p flacon à l'émeri, le remplit d'eau bouillie, le ferme her ment et le renverse sur une cuve à mercure; il fait arrive dans son intérieur un mélange d'azote et d'oxygène (proportions voulues pour faire un air artificiel, et y intr foin chauffé pendant vingt minutes à 100 degrés. Au quelques jours, il se développe dans l'infusion, du *Pen glaucum*, des amibes, etc. Mais la chaleur n'était pas ass dérable pour tuer tous les germes, et, du reste, Pasteur a tré que les germes déposés sur la cuve à mercure sont e par les gaz qui traversent le mercure et en assez grande pour donner naissance à des organismes.

Les expériences contraires à l'hétérogénie sont tr breuses. Les unes ont pour but de montrer l'influence de de l'air sur la production des organismes; les autres (but de prouver que tout ce qui détruit ou enlève les gern l'air empêche toute production de génération spontanée.

Si on a deux infusions communiquant avec l'air e:

r un tube droit, l'autre par un tube coudé; les infusoires
éveloppent pas dans la dernière, dans laquelle l'air n'ar-
aussi facilement (Hoffmann). Quand l'air a été débarrassé
nes qu'il contient par la filtration (Pasteur) ou que ces
ont été détruits par son passage à travers l'acide sulfu-
oncentré (M. Schultze) ou un tube de porcelaine chauffé
e (Cl. Bernard), il ne se produit aucun organisme dans
ions. Il en est de même si on prend l'air dans des régions
ées où l'atmosphère est tré[illegible], comme sur de hautes
nes (Pasteur).
s ces expériences permett[illegible] le conclure que, même
plupart des organismes in[illegible]ures, la génération n'est
pontanée. Mais en est-il de [illegible]me pour tous? Des expé-
récentes de Huizinga le port[illegible] à admettre la génération
ée, mais seulement pour les [illegible]ries.
a, en effet, des bactéries se [illegible]pper dans une solution
nt des sels minéraux (nitra[illegible] potassium, sulfate de
um, phosphate neutre de [illegible]um), de la glycose, de
et des peptones, le tout chauffé à [illegible] degrés pendant
utes, température et temps suffisants, comme il s'en est
pour tuer les bactéries qui auraient pu être [illegible]
pareil. Mais l'intervention de l'air est nécessaire, et cet
re à la solution par une lame argileuse poreuse qui le
le débarrasse complètement des germes qu'il pourrait
er. Des expériences de contrôle lui ont prouvé que les
s ne peuvent provenir ni de l'air, ni d'aucun des prin[illegible]
loyés dans ses expériences : il n'a jamais vu, du reste,
uction de moisissures et de champignons [illegible]
au lieu d'employer la solution indiquée [illegible]
le mélange de Bastian (décoction de chou-rave et fromage
tient des substances riches en oxygène. [illegible]
lus nécessaire. (Voir : *Origine des espèces*.)

raphie. — POUCHET : *Hétérogénie*, 1859. — [illegible] : *[illegible]* 1861-1862. — SCHULTZE : *Expériences sur les générations spontanées*. [illegible] natur., 1836.) — PASTEUR : *Mém. sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère*. (Ann. des sc. natur., 1861. — B[illegible] : *[illegible]* [illegible]2. — HUIZINGA : *Zur Abiogenesis-Frage*. Arch. de Pflüger, [illegible]

B. — GÉNÉRATION ASEXUELLE.

nération asexuelle n'est en réalité qu'un mode même de
sement et peut, par conséquent, se rattacher aux phéno-

mènes généraux de nutrition des organismes. La régéné
la transplantation forment le lien entre l'accroissement
ment dit et la génération. Nous avons vu en effet, à pro
transplantation, que des parties détachées de l'organism
vivre encore un certain temps d'une existence indépe
présenter même des phénomènes de multiplication cel
de développement.

Le mode le plus simple de génération asexuelle est l
tion par *bourgeonnement* ou *gemmiparité*; il est très
dans la série animale et se rencontre chez les polypes,
zoaires, les tuniciers, les vers plats, etc. Dans ce cas, su
de la surface de l'organisme générateur, se produit un
renflement organisé ou *bourgeon* qui s'accroît peu à
développe de façon à constituer un nouvel organisme s
au premier. Le bourgeon, une fois développé, peut rest
générateur; c'est ainsi que se forment les colonies de co
ou bien il peut s'en détacher et avoir une vie tout à
pendante, comme dans les hydres.

Tandis que, dans la gemmiparité, une partie restreint
suffit pour donner naissance à un nouvel organisme, d
siparité, l'organisme générateur doit se diviser en deu
et disparaît en donnant naissance à deux organismes n
C'est ce qu'on observe chez un certain nombre d'infuso

Le troisième mode de génération asexuelle, la *génér*
germes ou *par spores*, n'est qu'une *gemmiparité int*
produit dans l'organisme une cellule germinative par
de bourgeonnement interne, puis cette cellule est mise
et en se développant finit par donner un organisme
mode, qui existe surtout chez les végétaux cryptogame
contre aussi chez certains infusoires et chez les trémat

Ces trois modes de génération peuvent en somme se
cette loi physiologique : que, chez les animaux inféri
portion de l'organisme, détachée du tout, a la faculté
d'une façon indépendante et de se reproduire. Un fait
que aussi quelle est la généralité de cette loi, c'est que
procédés se retrouvent dans la génération cellulaire. (V

encore un certain temps d'une existence indépendante, mais existence n'a qu'une durée limitée et la partie n'a plus le oir de former un organisme nouveau. Cependant, dans quel- cas exceptionnels (voir plus loin : *Parthénogénèse*), ce pou- existe, mais les générations ainsi produites perdent peu à eur force et finissent par disparaître si la *sexualité* n'inter- pour rétablir la puissance de reproduction.

ndis que dans le mode le plus élevé de génération asexuelle, nération par germes ou spores, un seul germe suffit pour uire un organisme nouveau, dans la génération sexuelle il le concours de deux germes ou de deux éléments, l'*élément lle* ou *ovule*, l'*élément mâle* ou *spermatozoïde*.

lément femelle ou *ovule* (*fig.* 71) est constitué par les par-

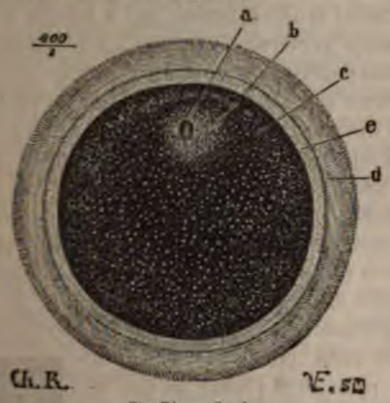


Fig. 71. — Ovule.

suivantes, qui permettent de le comparer, avec certaines res- ions, à une cellule :

° Une membrane d'enveloppe, épaisse, transparente, *mem- ne vitelline* (d) ;

° Un contenu, le *vitellus* (c), qui sert à la fois à la formation embryon (vitellus blanc ou de formation, cicatricule de l'œuf a poule, corpuscules plastiques) et à la nutrition (vitellus de rition, jaune de l'œuf de la poule ; globules vitellins). Tantôt deux parties du vitellus, partie formatrice et partie nutritive,

---

. 71. — *a*, tache germinative. — *b*, vésicule germinative. — *c*, vitellus. — *d*, membrane ine. — *e*, espace entre cette membrane et le vitellus. (Ch. Robin.)

sont intimement mélangées comme dans l'œuf humain, e
est alors appelé *simple* ou *holoblaste*; tantôt, au co
comme dans l'œuf de la poule, les deux vitellus sont dist
séparés (cicatricule et jaune), et le vitellus de nutrition e
toujours la plus grande masse; dans ce cas l'œuf est *co*
ou *méroblaste*;

3° La *vésicule germinative* ou *de Purkinje* (b), située
tre de l'ovule et qui contient un ou plusieurs nucléoles,
germinatives (a) ou de Wagner;

4° Enfin, dans ces dernières années, Balbiani a trouv
l'ovule une seconde vésicule, *vésicule embryogène*, plus
située à la périphérie de l'ovule (non représentée
figure 71).

D'après Balbiani et Cl. Bernard, qui a adopté ses idées,
sicule de Purkinje servirait seulement à la nutrition de l'en
la vésicule embryogène, au contraire, partie la plus ess
de l'œuf, servirait seule à la formation de l'embryon et s
centre de son développement. La vésicule embryogène e
sicule de Purkinje apparaissent dans des points différent
vésicule de Graaf (voir: *Menstruation*), puis, à un n
donné, la vésicule embryogène se rapproche de la vési
Purkinje, pénètre dans l'épaisseur du vitellus qui l'ent
donne à l'œuf la puissance évolutive par un mécanisme in
mais comparable jusqu'à un certain point à la fécondatio
une sorte de *fécondation anticipée* ou de *préfécondation*
préfécondation suffit pour que l'œuf accomplisse les premières phases de son développement; mais ce n'est que dans des cas très-rares que ce développement peut aller jusqu'à la formation de l'embryon et à plus forte raison d'un organisme viable; habituellement quand la fécondation par l'élément mâle n'intervient pas, l'œuf dépérit, se désorganise et disparaît.



L'élément mâle ou *spermatozoïde* (fig. 72)

ients comme spontanés dus aux ondulations de la queue. e d'origine de ces spermatozoïdes est encore un sujet de rses, mais ce qu'il y a de certain, c'est qu'ils tirent leur des cellules épithéliales du testicule.

toutes les espèces animales, il y a une différence bien e entre l'élément mâle et l'élément femelle, et cette diffé- e retrouve jusque dans le lieu de leur formation, naissant du feuillet interne du blastoderme, le spermato- feuillet externe.

nent mâle et l'élément fe[illegible] peuvent exister sur le ndividu (*hermaphrodisme*) [illegible] ur des individus séparés, c'est le cas chez les anim[illegible] x supérieurs. Mais, même x, on retrouve encore que[illegible] uefois des traces de l'her- disme des espèces antérie[illegible] et on pourrait dire, à de vue, que tous les indi[illegible] sont virtuellement her- dites; seulement, chez les [illegible] l'épithélium mâle ou tes- s'atrophie; chez les autres c'est l'épithélium femelle ou e. Ainsi chez le crapaud il reste des vestiges de cette avortée; on trouve chez lui un plan de cellules homo- le l'ovaire de la femelle et qui produisent des œufs, mais les de se développer, et la même chose a été observée poulet.

ès ces données, l'évolution de l'œuf, prise au point de vue général, peut être envisagée de la façon suivante et divi- rois périodes séparées par deux actes essentiels, la préfé- on et la fécondation :

riode ovogénique. — La vésicule de Purkinje, avec son se forme dans la vésicule de Graaf aux dépens de l'épi- ovarique;

écondation. — La vésicule embryogène de Balbiani mettre au contact du vitellus de l'œuf et lui donne la e évolutive, autrement dit, le pouvoir de se développer une certaine limite;

riode d'évolution depuis la préfécondation jusqu'à la tion proprement dite. — Les phases successives du dé- ment de l'œuf sont les suivantes:

vésicule de Purkinje disparaît ainsi que les taches ger- [illegible], cependant cette disparition n'est pas admise par tous urs et en particulier par Van Beneden.

b) Le vitellus se rétracte et s'écarte des parois de l
vitelline ; ce retrait du vitellus s'accompagne de mou
rotation du vitellus et de la formation de globules t
globules polaires, qui, d'après Balbiani, serviraient à
les organes génitaux futurs de l'embryon.

Ordinairement, si la fécondation n'intervient pas à
le développement de l'œuf s'arrête ; mais il n'en est p
ainsi, et dans certains cas les stades suivants du dév
de l'œuf et en particulier la segmentation du vitellus
dans l'œuf non fécondé.

La *parthénogénèse* (*Lucina sine coitu*) présente u
encore plus remarquable de développement sans f
développement poussé jusqu'à la formation d'organis
tibles de se reproduire. Ainsi, pendant tout l'été, de
asexués (pseudo-femelles) produisent des œufs qui n
fécondés et qui pourtant donnent naissance à des puc
blables à eux et qui sortent vivants du corps de leu
ces générations successives de pucerons asexués se
jusqu'à l'hiver. Ce mode de génération se rapproche b
la génération asexuelle par germes et par spores.

4° *Fécondation.* — Mais chez les animaux supérieu
dation, c'est-à-dire l'intervention d'un élément mâle e
sable. Il est aujourd'hui parfaitement démontré par les
de Spallanzani, Prévost et Dumas, confirmées par
ches modernes, que le spermatozoïde est l'agent ess
fécondation et l'*aura seminalis* des anciens est justen
dans l'oubli. Pour que la fécondation ait lieu, il faut q
matozoïde pénètre jusque dans le vitellus et traverse
quent la membrane vitelline, soit par des pores ex
cette membrane (micropyle de M. Barry et Keber),
perforant. En outre, il paraît établi que, pour fécon
ovule, il faut le concours de plusieurs spermatozoïde
a trop peu, la fécondation est incomplète. Quant au
même de cette imprégnation de l'élément femelle pa
mâle, il nous échappe complètement.

En général, même dans les cas d'hermaphrodism
mâle et l'élément femelle dans la fécondation app
des individus différents. La *self-fertilisation*, comme
Anglais, est l'exception, et la double fécondation par
accouplement, comme on le voit dans les limaçons,

t, il semble que la fécondation soit plus puissante et plus
quand les deux éléments de cette fécondation provien-
individus distincts.

ériode embryogénique. — Une fois fécondé, l'œuf suit son
ppement jusqu'à la formation de l'organisme parfait. Les
rs changements qui succèdent à la fécondation sont la
ntation du vitellus et la formation du blastoderme.

egmentation du vitellus est tout à fait assimilable à la
tion cellulaire endogène. Ce segmentation diffère dans
fs holoblastes et dans les œu méroblastes. Dans les pre-
elle est *totale* et le vitellus tout entier se divise en deux,
uatre, huit, etc., globules de segmentation; dans les œufs
lastes, la segmentation est *partielle* et n'intéresse que le
de formation. Chez certain animaux, insectes, arachni-
mécanisme est un peu différent et a reçu le nom de
ement.

ormation du blastoderme, qui sera étudiée dans la Physio-
péciale, aboutit à la formation de deux feuillets, un feuillet
e, *ectoderme*, et un feuillet interne germinatif, *endoderme*,
mprend à la fois le feuillet interne et le feuillet moyen des
s. C'est aux dépens de ces deux feuillets que se forme l'em-
(Pour tout ce qui concerne le développement ultérieur de
yon, voir la Physiologie spéciale et le chapitre « Embryo-
» des *Nouveaux Éléments d'anatomie*, par Beaunis et
rd.)

D. — GÉNÉRATIONS ALTERNANTES.

beaucoup d'êtres inférieurs, la sexualité se combine avec
ration asexuelle. Ainsi, chez les paramécies, la scissiparité
un certain nombre de générations; mais, au bout de
temps, les individus deviennent plus faibles, les généra-
oins nombreuses, et la race finirait par s'éteindre si la
on sexuelle n'intervenait; le noyau et le nucléole de ces
es se transforment en ovaire et en testicule; le noyau
es œufs, le nucléole des spermatozoïdes; les derniers
ccouplent, meurent après l'accouplement, et la génération
, qui a remplacé la fissiparité, donne naissance à de nou-
énérations vigoureuses qui se reproduisent par scission

jusqu'à ce que leur faiblesse nécessite une nouvelle inte
de la génération sexuelle.

Il en est de même chez les pucerons. Les derniers
formés par génération asexuelle sont tellement abâtard
n'ont même plus de canal intestinal (Balbiani); alors,
de l'hiver, apparaissent des mâles et des femelles qui
plent, et les œufs fécondés produisent de nouveau des
qui écl0ront au printemps.

Il semble donc qu'il y ait là un fait général. Seule, la
tion asexuelle n'a qu'une puissance de reproduction lin
sexualité, c'est-à-dire l'intervention de deux individus
s'unissant dans l'acte de la fécondation, peut seule assur
pétuité des générations qui, sans elle, finiraient par s'abâ
s'éteindre.

« On pourrait ainsi, dit Cl. Bernard dans un remarqu
« sage, en se plaçant à un point de vue philosophique,
« l'évolution d'un être animal ou végétal comme une
« *parthénogénèse histologique* ou encore de *génératic*
« *nante* d'éléments anatomiques. Dans cette façon de
« phénomène sexuel élémentaire (union d'un élément
« mâle à un élément cellulaire femelle) donnerait une
« cellule, l'œuf fécondé ou germe, douée au plus haut
« la puissance plastique et évolutive. De cette cellule
« naîtraient, par modes agames, le nombre immense de
« tions cellulaires qui formeront le blastoderme et plus
« ganisme animal. Leur fécondité, constamment décr
« aboutit fatalement à la ruine de l'édifice, à la mort
« vidu. L'existence individuelle se prolonge aussi longte
« la fécondité asexuée des éléments, aussi longtemps
« l'influence sexuelle du début. L'espèce disparaîtrait é
« si, avant épuisement total, deux éléments cellulaires
« se séparaient de l'organisme pour se comporter co
« premiers. Ils formeront, par génération sexuelle, une
« cellule dont l'impulsion évolutive s'étendra à une séri
« nérations histologiques agames en s'atténuant success
« Et ainsi l'*espèce* sera restaurée périodiquement par la

tous les individus ou tous les germes des individus
parmi les partisans de cette théorie, les uns plaçaient
s emboîtés dans l'œuf (*ovistes*), les autres dans la
condante (*spermatistes*). Certains faits paraissent bien,
r abord, justifier cette théorie, même chez les ani-
érieurs ; ainsi le fœtus contient déjà dans son ovaire
s ovulaires d'une génération nouvelle. Mais, en réalité,
thèse est insoutenable actuellement, quand bien même
ifierait pour l'adapter aux connaissances scientifiques

ules organiques. — Buffon considéra les êtres vivants
e agglomération de molécules organiques comparables
s vivants et ayant chacune leur individualité ; l'animal,
hypothèse, n'est autre chose qu'un être complexe ; la
t qu'une dissociation de ces molécules organiques qui,
liberté, continuent à vivre isolément ou entrent dans
les combinaisons, dans d'autres organismes complexes.
e la théorie des *microzymas* de Béchamp (voir : *Fer-*
s) n'est qu'un rajeunissement de la théorie des molé-
miques de Buffon. Il en est de même de l'hypothèse de
e Gros qui regarde l'homme comme un composé d'uni-
les ou *zoonites*.
énèse (C. P. Wolff). — Dans cette théorie, le germe est
t d'une formation qui se renouvelle chaque fois aux
l'organisation existante.
nèse se rapproche plus de la vérité et s'accorde mieux

cessives, et s'il n'y a pas emboîtement dans le sens litt mot, il y a du moins préexistence, non pas des germ mêmes, mais au moins des conditions organiques au sont dues les apparitions successives des générations Dans la génération sexuelle, au contraire, un produit est qui se rattache bien par ses caractères aux deux org préexistants qui lui ont donné naissance, mais qui, pour d'eux, est différent du générateur et contient quelqu d'étranger qui en fait un organisme nouveau.

Mais, à un point de vue plus général, la génération, co l'a vu plus haut, n'est qu'une forme même de la nutriti n'y a, pour le montrer, qu'à suivre dans la série animale l gements successifs que cette fonction éprouve jusqu'aux plus élevés de la série. Un fragment de protoplasma dét la masse d'une plasmodie se nourrit et se développe com ganisme primitif; la génération se confond avec la nutr avec l'accroissement. Dans les organismes unicellulaires les organismes pluricellulaires, dont les cellules sont à p férenciées, il en est de même: chaque partie du tout a le de reproduire un être semblable au tout auquel elle app c'est ainsi qu'un morceau de feuille de *begonia* reprodu gétal entier. Mais à mesure que la division du travail p gique s'accuse, que les tissus se différencient, ce pouvoir teur, d'abord répandu dans tout l'organisme, se localise en plus; dans le protoplasma, la même substance, c'est-à- fraction quelconque de la masse, digérait, assimilait, exc contractait, se régénérait, se multipliait; mais à mesur spécialisation se fait, la localisation des divers actes v produit de plus en plus, une partie de la substance vi constitue en fibre musculaire et sert à la contraction; u devient cellule glandulaire et sécrète, et ainsi de suite; sure que ces éléments, d'abord indifférents et semblables cialisent comme structure et comme fonctions, ils per plus en plus de ces propriétés fondamentales qui leur communes au début; le pouvoir générateur n'échappe pa spécialisation; il se localise aussi dans des parties de plus circonscrites, dans un organe plastique par excell alors, dans les êtres supérieurs, a seul la faculté de c germes des êtres futurs. Mais cet organe plastique, cette s

ice se spécialise elle-même de plus en plus; la sexualité t; les deux éléments encore inconnus de cette puissance ce, d'abord confondus dans le même organe, dans la ıbstance, s'isolent et se développent à part, constituant ce s appelons élément mâle et élément femelle; mais nous complétement la nature de ces deux éléments, la comintime de leur substance et le mécanisme de leur action. que nous savons, c'est que lorsque la séparation et ıt sont complets, comme chez les animaux supérieurs, un 'eau intervient forcément dans la génération, la *conju-* ces deux éléments, autrement dit, la fécondation. ération comprend donc deux actes essentiels et jusqu'à ı point opposés, une multiplication cellulaire, une concellulaire. Le premier acte a son analogue dans les ıes ordinaires de l'accroissement cellulaire; le second premier abord sans analogue dans la vie de l'organisme ıerait par conséquent le phénomène caractéristique de ion; cependant, en y réfléchissant, il rentre aussi dans ırdinaires de la nutrition, et ne pourrait-on pas compaxemple, la disparition du spermatozoïde dans l'ovule à ion d'un grain d'amidon dans une amibe, ou d'un gloıin dans un globule amœboïde de la rate, et ne pours voir dans ce phénomène quelque chose d'analogue à un gestion? L'élément mâle représenterait, dans ce cas, une ment à une puissance supérieure ou plutôt un élément préparer et de condenser sous un petit volume la promatière plastique nécessaire au développement de

ARTICLE PREMIER. — PHYSIOLOGIE DE LA 1

1. — DIGESTION.

La digestion a pour but de préparer l'assimilation: les pertes de l'organisme et lui fournit les matér accroissement; elle comprend par conséquent tous l se produisent depuis l'introduction des aliments d digestif jusqu'au passage dans le sang et dans le (aliments plus ou moins modifiés.

1° DES ALIMENTS.

Il y a une corrélation intime entre la constitution nisme et les aliments que cet organisme doit ingér étant, comme on l'a vu plus haut, dans un état ince tation, et ces mutations étant la condition même d substances qui font partie de l'organisme sont peu i nées avec les produits de désassimilation et doivent quent, être remplacées. Le gain, c'est-à-dire l'alimen donc être réglé sur la dépense, c'est-à-dire sur les pe ganisme; s'il ne couvre pas les pertes, le corps p poids; si au contraire, comme dans la première périod le gain dépasse la dépense, le corps s'accroît et l'ac est en rapport exact avec l'excès des entrées sur les s

Quand les pertes de l'organisme atteignent un c

statu quo ; il y a équilibre parfait entre les entrées et les On peut, dans les conditions ordinaires, chez un adulte, la *ration d'entretien* (terme consacré dans ce sens) aux tés suivantes pour vingt-quatre heures :

	Pour 24 heures.	Pour 1,000 parti
Eau.	2,818gr	831gr
Principes minéraux. . . .	32	10
Albuminoïdes	120	35
Graisse.	90	27
Hydrocarbonés.	330	97
Total.	3,390	1,000

La seconde colonne indique dans quelles proportions dans une substance alimentaire, se trouver les différents simples pour que cette substance ait le maximum de p alimentaire.

Nous allons passer successivement en revue les divers d'aliments simples :

1° *Eau.* — L'eau de boisson doit remplir certaines co elle doit être fraîche, limpide, sans odeur et d'une save ble ; à défaut d'une analyse complète et exacte, le goût e le meilleur criterium d'une eau potable; un excellent m reconnaître la pureté d'une eau est d'y ajouter un peu de su voir en combien de temps s'établit la fermentation. L'eau d doit toujours contenir des gaz et des substances miné dissolution et être complétement exempte de matières org

L'eau potable contient 20 à 30 p. 100 de son volume cet air est plus riche en oxygène et surtout en acide ca que l'air atmosphérique; l'eau bouillie est indigeste et veur fade. C'est principalement à l'acide carbonique et que l'eau de boisson doit sa saveur agréable. Cette saveu bien plus prononcée et acidule dans les *eaux* dites *gaze* naturelles, soit artificielles, si employées aujourd'hui com de table et qui peuvent renfermer de 250 à 1,000 ce cubes d'acide carbonique par litre.

Les substances minérales contenues dans l'eau s'y trou proportion très-variable; en général, l'eau contient de 1 centigrammes de résidu fixe par litre, mais elle ne de dépasser 50 centigrammes. Ces substances consistent e nates, sulfates, chlorures alcalins et surtout terreux.

tableau suivant donne les analyses de plusieurs eaux es :

Par litre.	Eau de Seine à Bercy.	Canal de l'Ourcq.	Eau d'Auteuil.	Puits de Grenelle.
silicique.	0gr,0244	0gr,069	0gr,0306	0gr,0091
ine	0 ,0005		0 ,0053	—
yde de fer	0 ,0025		—	—
nate ferreux . . .	—	—	—	0 ,0032
nate de chaux. . .	0 ,1655	0 ,158	0 ,1990	0 ,0580
— de magnésie .	0 ,0034	0 ,075	0 ,0082	0 ,0165
— de potasse . .	—	—	—	0 ,0206
te de chaux. . . .	0 ,0269	0 ,080	0 ,1638	—
de potasse . . .	0 ,0050	—	0 ,0201	—
de soude	—	0 ,095	0 ,0054	0 ,0162
de magnésie. . .	—		—	—
sulfite de soude . .	—	—	—	0 ,0091
rure de sodium. . .	0 ,0123	0 ,113	0 ,0376	0 ,0091
— de calcium. . .	—		—	—
— de magnésium .	—		0 ,0166	—
ate de soude. . . .	0 ,0094	—	—	—
de magnésie . .	0 ,0052	—	0 ,0570	—
Total	0gr,2544	0gr,590	0gr,5436	0gr,1428

quantité d'eau de l'organisme et du sang en particulier ste une certaine constance, et cette constance est mainte- ar l'exhalation pulmonaire et la sueur. Quand cette quan- minue et tombe au-dessous d'un minimum non encore miné, nous ressentons une sensation particulière, la *soif*, localise principalement dans le pharynx et l'arrière-gorge ccompagne d'un sentiment de sécheresse des muqueuses le et pharyngienne. Mais cette sensation locale ne fait que re un état général de l'organisme, la diminution d'eau ; ctation directe de la muqueuse n'apporte dans ce cas qu'un ement momentané, tant que de l'eau n'est pas absorbée en té suffisante, et d'un autre côté les injections d'eau dans les calment immédiatement la soif. (Magendie, Dupuytren.)

nd la diminution d'eau devient trop considérable, il sur- les lésions particulières qu'on a comparées aux lésions fièvre inflammatoire et qui ont été étudiées par M. Th. t. Cet observateur a constaté, sur des grenouilles privées (*anhydrisées*) en les plaçant sous des cloches avec du

l'absorption de cette eau par le sang fait hausser la
sanguine, et on a toutes les conséquences de cette augm
de pression (voir : *Circulation du sang*).

2° *Substances minérales.* — Les substances minéral
aussi indispensables dans l'alimentation. Quand on prive
mal de sels minéraux, on n'en retrouve pas moins des
minérales dans les excrétions, et dans ce cas elles sont
par l'organisme lui-même. Mais cette *déminéralisation*
ganisme ne se produit pas sans troubles profonds qui
surtout sur le système nerveux. (Forster.)

D'une façon générale, les substances minérales agis
activant les phénomènes de nutrition ; il y a là un simple
mène physique, les cristalloïdes facilement diffusibles fa
le passage de l'eau à travers les membranes animales. E
chacun des principes minéraux a un rôle particulier et en
spécialement dans la constitution de tel ou tel organe, d
tel tissu. Nous allons les passer rapidement en revue.

Chlorure de sodium. — Ce sel se trouve partout dan
nisme, liquides, organes et tissus ; aussi est-ce un des p
minéraux les plus nécessaires dans l'alimentation, com
dique l'instinct même de l'homme et des animaux. Nous
par jour environ 20 grammes de sel marin par les dif
excrétions ; il faut donc que ces 20 grammes se retrouve
notre alimentation ; il doit même y en avoir un excès, c
presque certain qu'une partie du chlorure de sodium ingé
des transformations dans l'organisme ; ainsi il fournit so
au chlorure de potassium des globules rouges et de la fib

ıas du chlorure de sodium en quantité suffisante pour
déficit amené par l'élimination journalière; la plupart
ments, sauf les os, n'en renferment qu'une proportion
ıte, et sans vouloir donner à ces chiffres une valeur
ın peut dire qu'il nous faut ajouter par jour à notre ali-
, pour rester dans de bonnes conditions, de 20 à 25
de sel marin au moins. Il est vrai que d'après les re-
de Voit, lorsqu'on supprime le sel dans la nourriture
ıal, ou qu'on le remplace par du chlorure de potassium,
'un certain temps les urines ne contiennent presque plus
rin, le sang et les tissus le retenant avec une très-grande
nais il survient alors des troubles qui ont été mentionnés
. Voit a du reste constaté son importance dans les phé-
de diffusion : si on injecte dans le rectum d'un animal
mine, cette albumine n'est pas absorbée; elle l'est au
si on y ajoute un peu de sel marin. Si on plonge dans
tube formé par une membrane et contenant une solu-
entrée de sel, cette solution aspire l'eau avec une grande
tel paraît être le mode d'action des purgatifs salins: ils
ınt plus de sels que le plasma sanguin et aspirent par
nt l'eau du sang qui passe dans les intestins. Quand
ırée contient moins de sels que le plasma sanguin, cette
bsorbée par le sang et est éliminée par les reins.
est surtout nécessaire dans l'alimentation des herbivores.
ien connu pratiquement, a été mis hors de doute par
iences de Bunge et expliqué par lui de la manière sui-
s sels de potasse (carbonates, phosphates et sulfates se
en très-grande proportion dans la nourriture des herbi-
s sels, arrivés dans le sang, se décomposent et donnent
ılorure de sodium du plasma, du chlorure de potassium
osphates, carbonates, etc., de soude, sels qui se trouvent
ıxcès dans le sang et sont éliminés par les urines; du
de sodium se trouve ainsi enlevé au plasma sanguin. et
nc en être introduit une égale quantité par l'alimenta-
ı les carnivores, au contraire, la proportion de sels de
ans les aliments serait beaucoup plus faible et la quan-
ılorure de sodium contenue naturellement dans leurs
suffirait pour maintenir, sous ce rapport, la composition
lu sang.

e potasse. — La potasse se trouve en forte proportion

avec la même quantité de résidu d'extrait de viande (v
pourvue de sels), en ajoutant pour le premier du chloru
dium seul, pour le second du chlorure de sodium, plus d
potasse; au bout de quelque temps, le premier chien
gre, faible et dans un état déplorable; le second, au
fort, vigoureux et d'une musculature très-développée.
dose, les sels de potasse excitent l'activité circulatoire; i
la pression sanguine, accélèrent et renforcent les contra
cœur. D'après les recherches de Kemmerich, Aubert, I
l'action stimulante du café, du thé, du bouillon, de l'
viande, etc., devrait être rapportée aux sels de pota
cette action cesse rapidement de se maintenir dans l
physiologiques et la dose toxique des sels de potass
atteinte. (Cl. Bernard, Grandeau.)

Sels de chaux. — Les sels de chaux se trouvent sur
les os et les dents; mais, en réalité, ils ont une extens
coup plus grande dans l'organisme, et il n'est peut
de liquide qui n'en contienne des traces, pas de tissu
tissu élastique) dont les cendres ne renferment une pe
tité de chaux. Le phosphate de chaux a donc pour fonc
seulement de durcir certains tissus et de leur donner u
tance et une dureté appropriées à leurs usages physi
(os, dents), mais il a encore une fonction histogénétiqu
tribue à la constitution même des éléments anatomiqu
mentation doit, par conséquent, en fournir une quan
sante, et cette quantité sera surtout considérable au m
l'accroissement des os. Cependant l'addition de phos

nésie. — La magnésie, qui accompagne à peu près partout x et se trouve surtout en forte proportion dans la chair ire, le cerveau et le thymus, provient exclusivement de tation.

ures. — Ce qui a été dit plus haut du chlorure de et des sels de potasse, me dispense d'entrer dans plus de u sujet des chlorures.

nates. — Les carbonates, et principalement le carbo-oude, n'existent guère que lans le sang; mais ces car-ne proviennent que pour une faible partie, soit de l'eau on (carbonate de chaux), soit des aliments solides et es aliments végétaux; la pl grande partie provient de position dans l'organisme acides végétaux, tartrates, etc. Aussi s'en trouve-t-il dans le sang des herbi-e dans celui des carnivores.

hates. — Les phosphates ont une très-grande impor-ns l'alimentation; en effet, le sang, surtout celui des s, contient une certaine quantité de phosphates alcalins, osphates terreux se rencontrent non-seulement dans les dents, mais, en petite quantité, dans tous les tissus et les le l'organisme. Ces phosphates proviennent des phos-ntenus dans les substances alimentaires qui en renfer-jours une provision suffisante pour faire face aux besoins nisme.

es. — L'alimentation et les boissons introduisent tou-ns le corps une certaine quantité de sulfates; mais les es exactes manquent pour préciser si tous les sulfates tions proviennent de cette source; il est probable, au , qu'une partie est produite par la désassimilation des albuminoïdes de l'organisme qui contiennent toutes du

– Le fer ne se trouve guère en quantité notable que dans lans la matière colorante des globules; sa quantité peut uée, chez l'adulte, à 3gr,07. Ce fer provient certainement ntation et des boissons qui en introduisent toujours en cès qui est éliminé par les selles. L'importance du fer mentation ressort du rôle même de l'hémoglobine et des rouges.

erminer ce qui concerne les substances minérales au vue de l'alimentation, je donne ici un tableau des prin-

cipales substances alimentaires et des proportions de
minéraux qu'elles contiennent pour 100 parties de cen
analyses sont empruntées à divers auteurs.

Pour 100 parties de cendres.	Potasse.	Chaux.	Magnésie.	Soude.	Chlorure de sodium.	Oxyde de fer.	Acide phosphorique.	Acide sulfu-riques.
—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lait de vache..	23,46	17,34	2,20	6,96	4,74	0,47	28,04	0,05
Sang de porc..	22,21	1,20	1,21	7,62	41,31	9,10	12,29	1,74
Bouillon	43,19	—	—	—	—	—	26,24	2,95
Ext. de viande.	46,12	0,23	1,96	10,45	—	Traces.	36,04	0,27
Chair musculre.	39,40	1,80	3,88	4,86	1,47	1,00	46,74	0,30
Cerveau.......	32,42	0,72	1,23	10,69	4,74	—	48,17	0,75
Foie de veau..	34,40	1,99	1,45	2,35	10,59	0,27	48,13	—
Blanc d'œuf....	27,66	2,90	2,70	12,09	39,30	0,54	3,16	1,70
Jaune d'œuf...	10,90	13,62	2,20	1,08	9,12	2,30	60,16	—
Froment.......	27,04	1,97	6,60	0,45	—	1,35	62,59	—
Seigle.........	32,69	2,91	10,16	4,45	—	0,82	47,35	1,45
Orge..........	20,91	1,67	6,91	—	—	2,10	38,48	—
Haricots.......	39,51	5,91	6,43	3,98	3,71	1,05	34,50	4,91
Lentilles	34,76	6,34	2,47	13,50	4,63	2,00	36,30	—
Pomm. de terre.	51,21	3,35	13,58	—	2,41	—	11,91	6,50
Navet..........	37,55	9,76	3,78	12,63	4,91	0,74	8,37	6,34
Asperges......	22,85	15,91	6,34	2,27	7,97	5,11	18,32	7,32
Salade	22,37	10,43	5,68	18,50	15,09	2,82	9,39	3,85

3° *Hydrocarbonés.* — Les hydrocarbonés de l'alin
consistent surtout en amidon et sucres (sucre de can
coses). A ce groupe peuvent encore se rattacher d'aut
stances dont le rôle est beaucoup moins important, la
et peut-être les gommes et les mucilages.

Amidon. — L'amidon, sous sa forme ordinaire, ne
contre guère que dans le règne végétal, tant dans les
chlorophylle que dans les plantes dépourvues de chlo
On le trouve dans des parties très-différentes des plante
taires, racines (manioc, jalap), tubercules (pommes
patates, ignames, etc.), fruits (châtaignes, glands, etc.)
dans les graines des céréales et des légumineuses.

Les grains d'amidon sont constitués par des couche
triques, alternativement plus ou moins denses, et dont
organique (noyau de développement) ne coïncide pa
centre de figure. D'après les recherches de Nægeli, l'a
compose de deux substances distinctes : l'une, la gr
soluble dans l'eau, la salive, et qui se colore en bleu p
l'autre, insoluble, analogue à la cellulose et qui se c
rouge par l'iode. La cuisson prolongée dans l'eau et l
dilués, la salive, un grand nombre de ferments, tran

ı dextrine et en glycose. L'amidon n'abandonne à
n que des traces de substances minérales.
s d'amidon présentent, eu égard à leur provenance,
ces de grosseur, de forme et surtout de résistance à
qui jouent un certain rôle dans l'alimentation; aussi,
faisons-nous intervenir, dans la préparation de
de la fécule, la chaleur et l'humidité qui gonflent et
le grain d'amidon et facilitent, par conséquent, l'ac-
ıre des sucs digestifs.
, qu'on trouve dans les racines d'aunée, les topinam-
ıalogue à l'amidon.
animal ou *substance glycogène* qu'on rencontre en
ıntité dans le foie des animaux, ne sert à l'alimen-
ine que d'une façon toute secondaire.
ose constitue les membranes des cellules végétales,
s les jeunes végétaux; elle entre donc dans l'alimen-
s sa valeur alimentaire, plus que douteuse pour les
n'a été établie d'une façon positive que pour les her-
les expériences de Meissner.
nes et les *mucilages* (semences de lin et de coing, salep,
aient aussi, d'après des recherches récentes faites au
de physiologie de Munich, contribuer à l'alimentation.
le canne et saccharates. — Le sucre de canne
ıon-seulement à l'état plus ou moins pur dans l'alimen-
s son extraction de la canne à sucre, de la betterave,
et de l'érable, mais nous en consommons encore
ent une certaine quantité avec les végétaux usuels,
carotte, navet, panais, persil, melon, citrouille, etc.
: *de lait* ne se rencontre que dans ce liquide et a sur-
e très-important dans l'alimentation du nouveau-né.
:. — La glycose ou sucre de raisin existe dans les
:s, le miel, les boissons fermentées (vin, bière, cidre, etc.),
s, et est habituellement associée à une certaine quan-
ılose, constituant ainsi le sucre interverti. Elle fait aussi
ıis en très-petite quantité, de l'alimentation animale;
ıie contient un peu de glycose formée, après la mort,
ıs de la substance glycogène; les muscles renferment
ne certaine proportion d'inosite ou de sucre musculaire.
des hydrocarbonés et des sucres dans l'alimentation
é plus loin avec la nutrition.

4° *Graisses.* — Les corps gras naturels, seuls emplo l'alimentation, sont presque toujours des mélanges de palmitine et oléine; quand cette dernière prédomine, l gras présentent l'état liquide comme dans les *huiles*; da contraire, ils sont solides, comme dans le *beurre* et les Les huiles alimentaires sont ordinairement de nature huiles d'olive, d'amandes douces, d'arachides, etc., tand beurre et les graisses sont de provenance animale. C gras animaux sont tantôt isolés, beurre, lard, etc., tantô gés à d'autres aliments simples, comme dans le lait, la ch culaire, etc., et jouent dans la nourriture de l'homme bien plus considérable que les huiles végétales.

5° *Albuminoïdes.* — Les aliments simples de ce grou tiennent soit au règne végétal, soit au règne animal. premier nous trouvons le gluten qui accompagne l'amid les céréales, la légumine ou caséine végétale qui se r dans les pois, haricots, lentilles, etc., en quantité assez rable. La proportion des albuminoïdes dans les différen taux alimentaires a une très-grande importance et sera plus loin, mais en général cette proportion reste au-de celle qu'on rencontre dans les substances animales. Parm ci, les plus importantes de toutes sont la myosine de musculaire et la caséine du lait; puis viennent les albun l'œuf et du sérum, la fibrine du sang, l'hémoglobine, etc. la substance collagène (gélatine) de l'os et du cartilage valeur alimentaire sera discutée plus loin.

Le rôle essentiel des albuminoïdes est d'entrer dans l tution même des tissus, et sous ce rapport les *aliments tés* forment la base même de l'alimentation et de la r de l'organisme.

6° *Aliments accessoires.* — Ce groupe contient u nombre de substances de nature très-différente et dont n'est pas toujours bien éclaircie. Mais ce qui les distin catégories précédentes, c'est qu'elles ne sont pas néce l'alimentation et qu'elles peuvent être supprimées sans sible, tandis que les autres sont toutes absolument indisp Ce ne sont donc pas des aliments au sens propre du m des *adjuvants de l'alimentation*. Nous allons passer ra en revue les principales de ces substances.

Alcool. — Je ne parlerai ici que du rôle alimentair

envoyant au chapitre de la Toxicologie physiologique ce
ncerne son action toxique. On voyait autrefois dans l'al-
ne sorte d'aliment respiratoire, de substance oxydable qui,
l'hypothèse de Liebig, se décomposait dans le sang en
le, acide acétique, acide oxalique et finalement en acide
ique et en eau ; mais les recherches de Lallemant, Perrin
y, confirmées par d'autres expérimentateurs, ont montré
en est pas ainsi et que la plus grande partie, sinon la to-
le l'alcool absorbé est éli · à l'état naturel par la
pulmonaire et par les ex ons. Il n'y a donc plus à
lu rôle alimentaire de l'alc et le seul rôle qu'on puisse
buer est celui d'excitant lo de la muqueuse digestive et
ulant diffusible agissant su ut sur les centres nerveux et
lation. Restreinte dans des es modérées, cette stimu-
'a pas d'effets nuisibles, au raire elle facilite les actes
, elle favorise l'exercice i ctuel et l'activité muscu-
nais l'abus dérive trop sou nt de l'usage et transforme
nment la stimulation légère physiologique en intoxica-
coolique.

les végétaux. — Les acides végétaux, acides acétique,
, tartrique, malique, oxalique, tannique, etc., se rencon-
ans le vinaigre, les fruits acides, les légumes, le vin, les
s acidules, limonades, etc., et jouent un certain rôle
otre alimentation. Ils répondent d'abord à une sensation
ve spéciale, la sensation d'acide, dont le besoin se fait
par instants, surtout au moment de la soif : ils agissent en
comme excitant la salivation et favorisant par cela même
actes de la digestion, la sécrétion salivaire ; enfin, une fois
its dans l'organisme, ils sont oxydés et la plupart sont
rmés en acide carbonique ; aussi trouve-t-on dans le sang
rbivores une plus grande quantité de carbonate de soude,
s urines contiennent-elles une forte proportion de carbo-
alcalins et terreux et très-peu de phosphates.

ces essentielles. — Les essences végétales (essences
des amères, de citron, de genièvre, de poivre, de laurier,
ofle, etc.) que nous employons souvent comme condiments,
sent agir à la façon de l'alcool, soit comme stimulants lo-
soit comme stimulants généraux, mais avec des effets spé-
pour chacune de ces substances, effets qui se produisent
t avec intensité quand ces essences sont ingérées à haute

dose, et qui, dans ce cas, peuvent être toxiques, comme montré pour l'essence d'absinthe, par exemple. (Magna

On peut ranger, à côté de ces essences, des produits encore mal connus, poivre, piment, gingembre, qui surtout agir comme irritants locaux des muqueuses ryngienne et stomacale.

Alcaloïdes. — Certains alcaloïdes, caféine (théine), mine, entrent dans l'alimentation; mais leur action controversée (voir : *Toxicologie physiologique*).

b. — Des substances alimentaire

Les substances alimentaires contiennent en général aliments simples, et quelques-unes même, comme exemple, les contiennent tous et peuvent par conséqu à elles seules pour l'alimentation. Mais il est rare que simples y soient contenus dans les proportions conve ont été indiquées plus haut (page 358); habituellement principe prédomine; de là dérive la nécessité de faire dans l'alimentation un certain nombre de substance de façon à retrouver finalement les proportions voulu stances minérales, d'hydrocarbonés, de graisse et d'alb Ainsi nous avons vu qu'il faut en moyenne à un adult quatre heures, 120 grammes d'albuminoïdes et 330 + grammes de graisse et d'hydrocarbonés; le table indique combien il faut des principales substances al pour retrouver la quantité voulue d'aliments simples :

Pour 120 grammes d'albuminoïdes.		Pour 420 grammes d'hyd et graisses.	
Fromage	350gr	Riz	
Lentilles	453	Maïs	
Haricots	531	Pain de froment	
Pois	537	Lentilles	
Fèves	544	Pois	
Viande de bœuf	566	Fèves	
Œuf de poule	893	Haricots	
Pain de froment	1,332	Œuf de poule	
Maïs	1,515	Pain de seigle	
Riz	2,364	Fromage	
Pain de seigle	2,653	Pommes de terre	
Pommes de terre	9,230	Viande de bœuf	

ès ce tableau, qui donne l'*équivalent nutritif* des
tances alimentaires, quels inconvénients il y aurait
lusivement une seule substance dans l'alimenta-
, par exemple, ingérer par jour 2 kilogrammes et
e seigle, près de 2 kilogrammes de viande et plus
es de pommes de terre, si l'on voulait s'en tenir à
s substances.

ivant donne, pour les principales substances ali-
gine végétale ou animale, les proportions pour
lbuminoïdes, de graisse, d'hydrocarbonés et de

	Eau.	Albuminoïdes.	Graisse.	Hydro-carbonés.	Sels.
mifères .	730	175	40	—	11
t. . . .	730	200	20	—	13
on . . .	740	135	45	—	15
. . . .	985	—	—	—	3
. . . .	720	130	35	15 à 20	14
. . . .	770	100	100	—	11
. . . .	700	210	5	—	10
. . . .	735	145	150	—	8
. . . .	845	110	10	—	6
. . . .	525	170	290	—	10
. . . .	890	40	25	44	1
. . . .	855	55	45	40	5
. . . .	215	15	770	—	—
. . . .	370	335	240	—	55
. . . .	130	135	20	695	20
. . . .	140	105	20	615	15
. . . .	145	120	25	680	25
. . . .	105	90	40	735	25
. . . .	120	80	50	730	12
. . . .	90	50	7	845	5
. . . .	145	80	—	755	13
ent . . .	130	130	10	610	10
t	430	90	—	450	10
. . . .	440	90	—	400	15
. . . .	145	225	20	575	23
. . . .	160	225	20	540	24
. . . .	130	220	15	575	25
. . . .	115	265	25	580	16
re. . . .	725	15	1	235	10
. . . .	535	45	10	395	15

	Eau.	Albuminoïdes.	Graisse.	Hydro-carbonés.
Navets.	850	15	2	135
Choux-raves	800	20	3	170
Choux-fleurs	920	5	—	20
Poires.	840	2	—	100
Pommes	820	5	—	80
Cerises.	750	7	—	100
Raisin.	810	7	—	150
Vin	860 à 920	—	—	5
Bière	900	—	—	60

L'étude des différentes substances alimentaires est du de l'hygiène et ne peut être traitée ici d'une façon détail me bornerai uniquement à quelques indications nécessai bien comprendre les phénomènes physiologiques de la di

Il est rare que les substances alimentaires soient utili nous dans l'état même dans lequel la nature nous les Ordinairement ces substances subissent une préparation modifie plus ou moins, les transforme et les rend plus a au goût et plus facilement digestibles ; on pourrait mêm parer l'apprêt culinaire des aliments à une sorte de d *artificielle préparatoire* précédant et facilitant la digesti relle définitive. Malheureusement, la *chimie culinaire* e entière à créer et cette branche si importante de l'hygiè mentaire est presque complétement laissée de côté par vants, sauf quelques travaux isolés, comme ceux de Past les vins, et de Liebig sur la viande et le bouillon.

L'eau, la chaleur, les condiments et assaisonnements, les trois agents principaux employés dans la préparation stances alimentaires. L'eau agit à la fois en ramollissant stances insolubles, comme dans les potages, les soupes, et solvant les principes solubles, comme dans le bouillon infusions ; elle est aussi le véhicule obligé de la plu assaisonnements. La chaleur modifie encore plus profond les substances alimentaires, et suivant que la cuisson est ou rapide, qu'elle se fait à feu nu, à la vapeur, au bain- qu'elle s'ajoute à l'action de l'eau ou qu'elle est portée au 100° par l'intervention de corps gras, les aliments acquièrent caractères différents dont la variété joue un rôle essentiel une alimentation perfectionnée. Les condiments et les ass

ties assimilables des aliments sont séparées des parties ilables, ligneux, cellulose, etc.;
ıents sont rendus plus accessibles aux sucs digestifs; ıi arrive pour les substances déjà gonflées par l'eau ou ɜs par la cuisson;
ies solubles sont dissoutes et par suite absorbées plus ra- tels sont les sels de la viande dissous dans le bouillon;
ıents simples contenus dans les substances alimentaires entrés et condensés sous un petit volume, comme onsommés, les jus de viande, etc.;
:rétions digestives sont excitées; tel est le rôle des poivre, de l'alcool, etc.;
ıents sont rendus le plus agréables possible au goût et , soit par le mode même de préparation, soit par l'ad- ssaisonnements particuliers;
stances alimentaires sont mélangées ensemble de façon per par ce mélange leurs propriétés gustatives et leur té;
ıents se succèdent dans un repas suivant un certain ne certaine gradation propres à les faire valoir les uns tres;
'une façon générale, la capacité digestive est augmentée ble façon, d'une part par l'augmentation de digestibilité ıts, de l'autre par l'augmentation des sécrétions digestives.
lons passer rapidement en revue les principales sub- imentaires.

La viande peut être cuite de plusieurs façons; elle p rôtie, cuite dans la vapeur ou bouillie. Quel que soit le cuisson, la température intérieure de la viande ne doit pa ser 70°, point de coagulation de l'albumine; en effet, si ceau de viande est assez gros, un thermomètre placé intérieur ne marque jamais plus de 70°: à cette tempé viande est cuite; à 56°, elle est rouge, incuite.

La *viande rôtie,* soit à feu nu, soit dans son jus, l'huile, etc., est soumise à une chaleur très-vive (plus de coagule l'albumine de la couche extérieure; cette cou rieure devient dure, rissolée et forme une sorte de coq se laisse pas traverser par les sucs de la viande qui, p quent, restent dans l'intérieur de la viande et lui don goût. La viande rôtie perd, par évaporation de l'eau, 1 (veau) à 24 p. 100 de son poids (poulet).

La *viande bouillie* dans l'eau laisse passer dans le presque tous ses sels solubles, environ 82,57 p. 100 d ne reste guère dans la viande que les phosphates terreu peu de potasse. Voici, du reste, les chiffres d'après Kelle

	Cendres de la viande, pour 100.	Quantité passant dans le bouillon.
	—	—
Acide phosphorique	36,60	26,24
Potasse	40,20	35,42
Terres et oxyde de fer . . .	5,69	3,15
Acide sulfurique.	2,95	2,95
Chlorure de potassium . . .	14,81	14,81
	100,25	82,57

La viande abandonne en outre au bouillon des matièr tives (créatine, créatinine, acide lactique, acide inosique) gélatine, surtout chez les jeunes animaux. D'après Lieb parties de bœuf donnent 6 parties de gélatine sèche, 1, ties de veau en donnent 47,5.

Le bœuf bouilli perd environ 15 p. 100 de son po habituellement l'ébullition coagulant l'albumine des co perficielles, empêche la pénétration de l'eau, de sorte q les substances solubles, sels, gélatine et matières extra passent pas dans le bouillon et qu'une partie reste dans l qui conserve encore sa saveur, tandis que cette saveur quand la viande est tout à fait épuisée de ses principes

lon ainsi obtenu représente par conséquent une solu-
atine, de sels et de matières extractives, avec un peu
soluble en quantité d'autant plus forte que la cuisson
prolongée; en outre, la graisse de la viande liquéfiée
eur se mélange mécaniquement au bouillon; l'addition
-au-feu augmente la force du bouillon spécialement
et en sels minéraux; 1 kilogramme de fémur con-
on 9 grammes de chlorure de sodium; l'addition de
i donne surtout son goût et son arome.
r alimentaire du bouillon a été et est encore très-
ie. Pour les uns, le bouillon n'a aucun rôle alimen-
d'autres, il a une valeur réelle, mais les uns l'attri-
matières extractives, les autres à la gélatine, les autres
qu'il y a de certain, c'est que l'action stimulante et
du bouillon est incontestable. D'après des recherches
tte action du bouillon serait surtout due aux sels de
it on a mentionné plus haut les propriétés physiolo-
œmmerich). Ce qui tendrait à le faire croire et ce qui
iquer qu'il s'agit plutôt là d'une stimulation simple
limentation réelle, c'est que la restauration produite
illon après un jeûne, une longue marche, etc., est im-
oir aussi : *Théorie des peptogènes,* de Schiff.)
de viande, de Liebig, obtenu par l'épuisement de la
l'eau, ne paraît agir que par ses sels minéraux et
it par les sels de potasse qu'il contient; il ne peut
un point de vue, remplacer la viande dont il ne ren-
iit de principes alimentaires, que les principes miné-
possède en aucune façon les propriétés alimentaires
été attribuées au début par Liebig. Voici une analyse
de viande, par Bunge :

Eau.	17,9 p. 100.
Cendres	21,9 —
Matières organiques. . .	60,2 —

des cendres d'extrait de viande a été donnée page 364.
e cuite à la vapeur tient le milieu entre la viande rôtie
bouillie.
e *salée* perd une partie de ses principes solubles (ma-
iques et minérales), qu'elle abandonne à la saumure;
sel qui recouvre la viande lui enlève une partie de

son eau et cette eau entraîne avec elle des principes solubl tableau suivant donne la composition des cendres de la v fraîche et de la viande salée :

Pour 100 parties de cendres.	PORC.		BŒUF.	
	Frais.	Salé.	Frais.	Sa
Potasse	37,79	5,30	35,94	24,
Soude	4,02	—	—	—
Magnésie	4,81	0,54	3,31	1,
Chaux	7,54	0,41	1,73	0,
Potassium	—	1,25	5,36	—
Sodium	0,40	34,06	—	16,
Chlore	0,62	53,72	4,86	25,
Oxyde de fer	0,35	—	0,98	—
Phosphate d'oxyde de fer	—	0,10	—	1,
Acide phosphorique	44,47	4,71	34,36	21,
Acide sulfurique	—	0,12	3,37	0,
Silice	—	—	2,07	0,
Acide carbonique	—	—	8,02	—

Dans la viande *fumée*, l'albumine de la couche supe est coagulée par la créosote et constitue une enveloppe im qui empêche l'abord de l'air extérieur et s'oppose à la pu tion. Les produits qui se forment dans ce cas ne sont, d que très-incomplétement connus.

Dans d'autres cas, au contraire, au lieu d'enrayer la dé sition de la viande on la recherche, comme dans le gibi sandé, et cette décomposition, au lieu de nuire à la quali viande, ne fait que développer son arome et son fumet.

Le règne animal fournit très-peu d'aliments hydroca l'amidon, la dextrine, le sucre n'existent qu'en quantité tr dans certains organes ou dans la chair musculaire ; le la par son sucre de lait, fait exception sous ce rapport. défaut d'hydrocarbonés est suppléé par la présence des abondantes dans l'organisme animal et dont on augm core la production en vue de l'alimentation.

Les *substances alimentaires d'origine végétale* prése différences très-grandes dans leur composition et dans portion d'aliments simples qu'elles contiennent. Si l'on cl substances alimentaires d'après les proportions de azotés qu'elles renferment, on a les groupes suivants :

égumineuses (pois, haricots, fèves, lentilles, etc.). Les légu-
ies sont très-riches en albuminoïdes, et il n'y a, parmi les
ices d'origine animale, que le fromage qui l'emporte sur
us ce rapport. (Voir le tableau page 368.) Voici leur com-
i moyenne :

Eau	137
Albuminoïdes	234
Hydrocarbonés	569
Extractif	18
Graisse	20
Sels	22
	1000

;râce à cette forte proportion de caséine végétale que les
)réparent avec les pois un fromage véritable, le *toa-foo*,
ınd dans les rues de Canton. Les légumineuses contien-
général fort peu de sucre.
éales. Si on range les céréales d'après leur quantité de
s azotés, en allant du plus au moins, on a la série sui-
Froment, orge, seigle, avoine, maïs, sarrazin, riz. Le fro-
contient 135 pour mille, le riz 50 pour mille seulement.
:réales sont employées pour l'alimentation sous des formes
ées ; mais le plus important de ces produits est le *pain*.
ication a pour but de rendre la farine plus digestible en
ıgir sur elle la double influence de la chaleur et de
té. La mie se cuit à 100° ; la croûte seule est portée à la
ure de 210° environ. Le pain, une fois cuit, contient encore
0 d'eau et 60 p. 100 de matière sèche. A Paris 100 kilo-
s de farine donnent 180 kilogrammes de pain blanc. La
ison du pain et de la viande constitue une excellente
tion, et cette combinaison est du reste la base de la nour-
ıbituelle partout où existe une certaine aisance.
ıâtaignes, qui, dans certains pays pauvres, jouent un rôle
tant dans l'alimentation, peuvent être rapprochées des
; mais leur proportion d'albuminoïdes (44 pour mille
est encore inférieure à celle du riz.
pomme de terre constitue un groupe à part ; sa valeur
ire est beaucoup au-dessous de celle des végétaux pré-
tant à cause de la plus grande quantité d'eau qu'elle
qu'à cause de sa faible proportion d'albuminoïdes (10 à

20 pour mille). On peut placer à côté d'elles quelques navet, chou-rave, etc., qui renferment une quantité d'albuminoïdes, mais dont l'usage alimentaire est bi important. Les hydrocarbonés de ces deux légumes surtout en dextrine et en sucre, ce qui les distingue de l de terre qui contient surtout de l'amidon et très-peu trine.

4° *Légumes herbacés.* Les légumes herbacés (ch laitue, asperges, artichaut, épinards, oseille, etc.) prése composition très-variable; mais ce qui les caractéris c'est leur forte proportion d'eau et leur petite quantité de albuminoïdes et d'hydrocarbonés.

5° *Fruits.* Les fruits se rapprochent du groupe préc leur forte proportion d'eau; ils renferment du sucre, organiques et du mucilage. Ils ne possèdent que d'albuminoïdes.

Boissons. — Les boissons peuvent être divisées en alcooliques, sucrées, acidules, gazeuses et infusions (c café), aromatiques, etc.

Les *boissons alcooliques* se classent en deux group la quantité d'alcool qu'elles renferment. Le premier gr prend le vin, la bière, le cidre, etc., boissons dans les proportion d'alcool ne dépasse pas 25 p. 100 et reste ment bien en deçà; le second comprend les eaux-de-vie obtenues par la distillation ou par d'autres procédés.

Le tableau suivant donne les quantités d'alcool p. tenues dans le vin et la bière.

Vin de Bordeaux blanc, le moins spiritueux	7,0
Vin de Bordeaux rouge, le moins spiritueux	7,5
Vin de Mâcon rouge	7,6
— de Bordeaux rouge, le plus spiritueux	11,0
Vin du Rhin	11,1
— de Champagne mousseux	11,6
— de Côte-Rôtie	12,4
— de Lunel	14,2
— de Sauterne	15,0
Vin de Malaga	
— de Roussillon	
— de Madère	
Bière douce de Brunswic	
— de France	
— de Mars	
— double de Munich	
Bockbier	
Salvator	
Bière de Brunswick	
Bières fortes d'Angleterr	

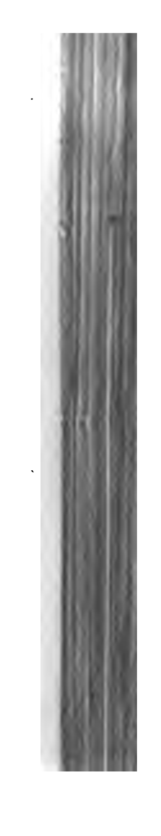
c.), etc.

re contient de l'alcool, du sucre, de la dextrine, de la le l'acide carbonique, les principes amers et aromatiques on, des restes de gluten, de la graisse, de l'acide lactique s minéraux qui se rapprochent des cendres de l'extrait :. Mitscherlich a trouvé dans les cendres de la bière) de potasse et 20 p. 100 de phosphore. La bière a donc n réellement nutritive et, outre son caractère de boisson e, agit encore par ses sels de potasse.

ux-de-vie et *liqueurs* renferment de 40 à 65 p. 100 uquel elles doivent leurs propriétés. Une classe à part e par les liqueurs qui contiennent non-seulement de mais des substances particulières, comme l'essence e et quelques autres dont la nature toxique a été dé- dans ces derniers temps et dont les effets s'ajoutent aux duits par l'alcool. (Magnan.)

issons *sucrées* et *acidules*, sirops, limonades, etc., doivent priétés au sucre et aux acides organiques qu'elles con- Il suffira donc de les mentionner. Il en est de même des *gazeuses* qui agissent par l'acide carbonique qu'elles nt, acide carbonique dont l'influence, encore peu expli- nsiste probablement en une excitation légère de la e digestive, outre son action gustative réelle.

et le *café* ne peuvent être considérés comme des bois- entaires, à proprement parler ; ce sont, aux doses habi- les excitants généraux agissant surtout sur le système



de l'alimentation, mais ces accessoires ont fini par y
place de plus en plus large, de telle façon que l'art
et de varier les assaisonnements constitue une parti
de l'art culinaire. L'étude des divers condiments
ressort de l'hygiène; il me suffira de dire que la pl
eux agissent soit en flattant le goût, soit en excitant
digestives. Du reste, certains aliments simples, com
le sel, sont employés aussi comme condiments.

La *température* à laquelle sont ingérés les ali
boissons varie dans des limites considérables, depu
jusqu'aux boissons chaudes, comme le café, le thé,
température maximum que la muqueuse buccale puis
Les boissons froides déterminent souvent des acci
cause est encore peu expliquée, mais, d'après L.
R. Gaux, devrait être cherchée dans une augmentat
la pression sanguine.

Un dernier fait à noter, fait intéressant pour la
c'est que la *réaction* de la plupart de nos alimen
boissons est *acide*. Cette acidité tient en général à
d'acides organiques.

Bibliographie. — MOLESCHOTT : *Physiologie der Nahrungsm*
LESCHOTT : *De l'Alimentation et du Régime*. Paris, 1858. —
stances alimentaires. 4e édition, Paris, 1865.

2° ACTION DES SÉCRÉTIONS DU TUBE DIG SUR LES ALIMENTS.

La plupart des aliments, pour être utilisés da
doivent subir dans le tube intestinal des modificat
sans cela ils ne sont pas assimilables, et quan
duits dans le sang, ils sont éliminés en nature p
et en particulier par l'urine. Les aliments trans
assimilables, au contraire, une fois absorbés,
l'organisme et ne se retrouvent pas dans les ex
sucre de canne, par exemple, pour être assi
transformé en glycose; aussi si on injecte d
dans les veines ou dans le tissu cellulaire d'u
de canne se retrouve intact dans les urines, t
injectée dans les mêmes conditions ne s'y re
nard); la glycose est assimilable, le sucre d

le même de l'albumine : l'albumine injectée dans les
t éliminée par les urines ; l'albumine digérée ou peptone
is. (Schiff.)

difications des aliments sont accomplies par une série
es déversés dans toute la longueur du tube intestinal,
vec lesquels les aliments se mettent en rapport dans
ge à travers ce canal. Nous allons étudier successive-
ion des différentes sécrétions sur les aliments.

Action de la salive sur les aliments.

e (voir page 145 pour son étude chimique) n'agit que
ule espèce d'aliments, les aliments féculents ou l'ami-
don se transforme d'abord en dextrine puis en glycose
int de l'eau ; la réaction est exprimée par les équations

$$\underset{\text{Amidon.}}{C^6H^{10}O^5} = \underset{\text{Dextrine.}}{C^6H^{10}O^5}$$

$$\underset{\text{Dextrine.}}{C^6H^{10}O^5} + H^2O = \underset{\text{Glycose.}}{C^6H^{12}O^6}$$

en employant les formules indiquées page 202 :

$$\underset{\text{Amidon.}}{C^{18}H^{30}O^{15}} + H^2O = \underset{\text{Dextrine.}}{C^{12}H^{20}O^{10}} + \underset{\text{Glycose.}}{C^6H^{12}O^6}$$

$$\underset{\text{Dextrine.}}{C^{12}H^{20}O^{10}} + 2H^2O = \underset{\text{Glycose.}}{2C^6H^{12}O^6}$$

e cette transformation se produise, il faut que le liquide
température de 35° environ ; quand la température est
, l'action est beaucoup plus lente ; quand elle atteint
70°, elle est complétement arrêtée par la destruction
line.

insformation se produit dans un milieu neutre ou faible-
in, et même, quoique moins activement, dans un milieu
t acide ; un excès d'alcali ou d'acide (plus de 1 p. 100
lorhydrique par exemple) l'arrête complétement ; mais
charifiante reparait par la neutralisation de la liqueur,
ue la quantité d'acide ou d'alcali n'ait été trop considé-
nd la proportion de glycose formée atteint un certain

chiffre, 1,5 à 2,5 p. 100, la saccharification s'arrête et rep de nouveau si on étend la liqueur.

La transformation est beaucoup plus rapide avec l'amidon qu'avec l'amidon cru; avec le premier elle ne se fait qu'au de quelques heures, et il faut renouveler souvent la saliv maintenant le mélange à 35 degrés. D'après O. Hammarsten différentes sortes d'amidon ne présentent pas le même deg résistance à l'action de la salive; il a trouvé les chiffres suiv pour le temps nécessaire pour saccharifier diverses esp d'amidon cru avec de la salive d'homme:

Amidon de pomme de terre . . .	2 heures	à 4 heures
— de pois	1 h. 3/4	à 2 —
— de blé	30 minutes	à 1 —
— d'orge	10 —	à 15 minut
— d'avoine	5 —	à 7 —
— de seigle	3 —	à 6 —
— de maïs	2 —	à 3 —

En pulvérisant l'amidon avant de faire agir la salive, l charification se faisait pour toutes les espèces d'amidon près dans le même temps.

Dans cette saccharification de l'amidon, la salive com par dissoudre la granulose et la transforme en dextrine, p glycose; aussi trouve-t-on dans la liqueur, suivant la durée tion, soit un mélange de dextrine et de sucre, soit du sucr lement. La cellulose d'amidon reste au contraire intacte grains d'amidon paraissent sous le microscope sous leur primitive, mais avec une structure feuilletée plus marquée; divisent plus facilement par la pression en lamelles écail fragiles; ils ont alors perdu la propriété de bleuir par l'io les colore en rouge.

Pour reconnaître la présence de la glycose dans l'amid ou cuit soumis à l'action de la salive, on se sert ordinair de la liqueur de Barreswill (voir page 66), mais la fermen alcoolique est le procédé le plus sûr pour déceler la prése sucre.

Quand on verse goutte à goutte de l'empois d'amidon par l'iode dans de la salive à 35°, cet empois se décolore i diatement (Vintschgau); mais cette décoloration ne prouv comme on l'a prétendu, la présence de la glycose; en effet ce cas le réactif de Barreswill ne donne pas de précipité r

nlève simplement l'iode à l'amidon et forme avec lui un
incolore ; il est probable qu'il se forme de l'acide iodhy-
ı présence des matières organiques ; l'urine, le suc
jue, le sérum musculaire ont la même action. (Schiff.)
éfaction de l'empois dans la salive n'est pas non plus,
ı l'a cru, une preuve de sa transformation en glycose.
et même la salive non saccharifiante de certains ani-
sout plus d'amidon que l'eau à la même température ;
cette liquéfaction peut tenir à la formation d'amidon

ence des autres sucs digestifs ne paraît pas empêcher
ı la salive sur l'amidon ; aussi se continue-t-elle dans
mais plus lentement ; il semble du reste y avoir sous
; de très-grandes variétés individuelles.
riété saccharifiante de la salive mixte est due à la ptya-
ı à une altération des principes contenus dans la salive.
nte de très-grandes différences d'intensité d'action sui-
ece animale. La salive mixte de l'homme est très-active,
ive cependant que celle du cabiai qui agit presque ins-
ent ; celle des herbivores l'est plus que celle des carni-
ez le chien, l'action saccharifiante ne commence qu'après
rente minutes ; chez le chat, elle est très-lente et n'a
ı qu'au bout d'une heure. Le genre d'alimentation paraît
; être sans action sur la puissance saccharifiante de la
y a là plutôt une affaire d'organisation.
Cl. Bernard, le rôle chimique de la salive serait un
ne accessoire dans la digestion naturelle chez l'animal
la salive n'aurait à remplir qu'un rôle purement mé-
n rapport avec la mastication, la gustation et la déglu-
st certain qu'on a beaucoup trop exagéré l'action sac-
e de la salive, et que la transformation de l'amidon en
st surtout due au suc pancréatique ; cependant l'asser-
Cl. Bernard nous paraît trop absolue, surtout chez les
s et chez l'homme.

des salives partielles sur l'amidon. — Chez
toutes les salives partielles, sauf peut-être le liquide
es buccales, transforment l'amidon en glycose. Cepen-
ernard leur refuse toute action saccharifiante et ne
qu'à la salive mixte.

L'action des salives partielles chez les animaux est tr
ble, et les auteurs sont loin de s'accorder sur ce sujet.

La salive parotidienne, d'après Cl. Bernard, n'aurait
usages mécaniques, comme agent d'imbibition et de ra
ment dans la mastication, et serait sans action sur l'ami
pendant d'autres physiologistes ont constaté sa propriét
rifiante chez le mouton, le lapin, et quoique à un plus fai
chez le chat et le chien.

Pour la salive sous-maxillaire, il en est de même.
carnivores, la plupart des observateurs l'ont trouvée sa
et elle ne servirait qu'à la gustation des aliments (Cl. I
chez les herbivores, au contraire, elle agit énergiquem
d'après Schiff, chez le lapin, exception qui n'a pas été c
par d'autres expérimentateurs.

La salive sublinguale paraît se comporter comme
sous-maxillaire. Pour Cl. Bernard, c'est la salive de la dé

b. — Action du suc gastrique sur les ali

Le suc gastrique (voir page 155 pour son étude
n'agit que sur les aliments azotés, que sur les substan
minoïdes. Il les transforme en *peptones* (albuminose), c'
en corps facilement solubles et diffusibles, susceptibles
séquent d'être absorbés, de passer dans le sang et d'y
milés.

Les peptones se distinguent des albuminoïdes dont
viennent par les caractères généraux suivants :

1° Elles sont toujours facilement solubles dans l'eau;

2° Elles ont une très-grande diffusibilité ; leur équi
dosmotique est très-faible ; aussi la dialyse est-elle un
moyen de séparer les peptones des autres substan
minoïdes ;

3° Elles ne précipitent pas par l'ébullition ;

4° Elles ne précipitent pas par les acides minéraux
part des sels métalliques, chlorure de fer, sulfate de cu
Elles précipitent par l'alcool absolu des solutions nei
centrées en flocons blanc grisâtre solubles dans l'alcool

5° Injectées dans le sang, elles ne reparaissent pas da
à l'état d'albumine.

ères des peptones varient un peu suivant la substance oviennent, et pour une même substance on en trouve plu-ications, bien étudiées par Brücke, Corvisart, Meissner,

ce point de vue distinguer les substances suivantes. Les la métapeptone et peut-être la parapeptone, ne sont que le transition ; les autres, peptones proprement dites, sont erminaux définitifs de la digestion gastrique.

is. — La peptone se présente sous trois états distingués sous les noms de *peptone* A, *peptone* B et *peptone* C; is sont très-solubles dans l'eau et les acides dilués; elles t les unes des autres par les caractères suivants :

A : elle précipite des solutions neutres par l'acide nitrique des solutions très-légèrement acidulées avec l'acide acé-errocyanure de potassium ;

B: elle précipite par le ferrocyanure et ne précipite pas trique ;

C : elle ne précipite par aucun des deux réactifs.

tone. — Elle précipite des solutions faiblement acides ou calines par l'alcool mélangé d'éther; elle précipite des solu-par des solutions concentrées de différents sels neutres, ılfate de soude; l'action prolongée du suc gastrique ou rendent insoluble, et c'est cette modification insoluble qui qu'on a appelé la *dyspeptone*. D'après Brücke et V. Wittich, ie se transformerait à la longue en peptone ; d'après Schiff, cette transformation n'aurait jamais lieu. Quant à la dys-ne paraît pas se produire dans la digestion naturelle.

ptone. — Si le liquide est préalablement neutralisé et e la parapeptone par la filtration, l'addition d'une très-té d'acide (plus de 1 pour mille) donne un précipité flocon-ıpeptone, soluble dans un excès d'acide et qui se reforme s minéraux concentrés.

ıt aussi loin que possible les digestions artificielles, on la parapeptone et la peptone C. Par contre, dans la diges-e on rencontre surtout les formes A et B, et la transforma-en peptones C se fait surtout dans l'intestin.

ıteurs ont encore admis un degré plus avancé de transfor-production de leucine et de tyrosine.

ırmation des albuminoïdes en peptones est produite de la pepsine; mais celle-ci ne peut agir qu'en pré-ıcide et la transformation ne se fait pas dans un e ou alcalin.

conditions favorisent ou retardent cette transforma-

tion ; elle est accélérée par une température de 36° à 3 l'agitation, empêchée au contraire par une températ basse (au-dessous de + 5°) ou trop élevée (au delà de + un excès d'acide, d'alcali, d'alcool, en un mot par tou peut amener la destruction de la pepsine. La prése excès de peptones dans la liqueur arrête aussi la digesti

Pour étudier plus en détail les phénomènes intimes d gestion stomacale et ses diverses phases, on emploie digestions artificielles, soit l'introduction des aliments d tomac par des fistules gastriques.

A. — DIGESTIONS ARTIFICIELLES.

Les digestions artificielles se pratiquent avec du suc gastri ciel, ou avec du suc gastrique naturel extrait de fistules gastri page 155) ; les substances sur lesquelles on fait agir le suc sont placées dans une étuve maintenue par un régulateur à pérature constante de 38° environ.

P. Grützner et A. Grünhagen ont imaginé des procédés ingén rendre sensible aux yeux la puissance digestive d'un liquide

Procédé de P. Grünhagen. On met de la fibrine dans chlorhydrique à 0,2 p. 100; elle se gonfle et forme une masse g qu'on place dans un entonnoir avec ou sans filtre et on ajou du liquide digérant ; au bout de quelques minutes, on voit le de fibrine digérée couler dans l'entonnoir avec plus ou moin dité, suivant la rapidité de la digestion. — *Procédé de P. Grü* colore la fibrine par du carminate ou du picrocarminate d'am à mesure que la digestion de la fibrine se produit, la liqueur la fibrine en se dissolvant abandonnant sa matière colorante.

1° *Action du suc gastrique sur les alim*

1° *Fibrine.* — La fibrine commence par se gonfler, p dissout peu à peu en donnant une solution fortement o n'est pas troublée par la chaleur ; on retrouve dans la li différentes espèces de peptones énumérées plus haut. C tion de la fibrine est très-rapide, aussi la choisit-on e pour apprécier la puissance digestive d'un suc gastriq sance digestive qui se mesure, soit par la vitesse avec la

premiers; ils se gonflent, deviennent transparents, à peu se réduisent en une pulpe caséeuse et finissent soudre en un liquide clair qui contient environ $^2/_3$ de et $^1/_3$ de parapeptone.

éine. — Elle forme d'abord une solution trouble qui se bientôt en se prenant en gelée, puis se liquéfie et donne le clair qui contient des peptones, de la métapeptone, te quantité de parapeptone et un résidu de dyspeptone 0 des matières albuminoïdes). La caséine parait être un ents les plus difficilement digérés.

ten. — Le gluten cru est digéré très-rapidement par le ique, et, dans ce cas, il ne présente pas la couche pul- i recouvre les autres substances albuminoïdes. Quand il sa digestion se fait comme celle de l'albumine coagulée.

ntonine ou fibrine musculaire. — La syntonine, obte- oagulant le suc musculaire par l'acide chlorhydrique à 0 et la neutralisant ensuite, donne une gelée cohérente qui beaucoup de métapeptone et des peptones d'une nature ère.

éine végétale ou légumine. — La légumine se digère dement dans le suc gastrique; d'après Schiff, un suc acide, épourvu de pepsine, opère cette digestion, la légumine it déjà une substance analogue à la pepsine.

atine. — La gélatine (provenant des os, des tendons, etc.) t rapidement dans le suc gastrique sans se convertir préa-

de chercher à faire la part qui revient à chacun d'eux
digestion.

1° *Rôle de l'acide.* — Si l'on fait agir les acides dilu
matières albuminoïdes liquides (albumine du blanc d'
exemple) soit à froid, soit à chaud, une partie de cette
finit bien par se transformer en albumine incoagulable,
à la parapeptone, qui se précipite si on neutralise la solu
la liqueur est très-faiblement acide; mais elle se distin
parapeptone parce que celle-ci est soluble dans l'alcoo
précipite pas à 100 degrés dans les solutions dont on a
modifié l'acidité, et surtout parce que, mise en présenc
gastrique, elle reste inaltérée (fait nié cependant par que
teurs), tandis que l'albumine, rendue incoagulable par l
disparaît dans le suc gastrique en donnant de la pepto
la parapeptone.

Les matières albuminoïdes solides sont solubles aussi
acides, mais il faut que ces acides soient excessiveme
(4 millièmes d'acide chlorhydrique, par exemple), et la
d'albumine dissoute est toujours très-faible.

Ces faits semblent prouver que l'*acide seul* ne suffit
accomplir la digestion. Agit-il pour préparer la digesti
quoi consiste alors cette préparation? On a cru d'abor
consistait en un gonflement préalable de la substance albu
Ce gonflement existe en effet, mais il n'est pas indispensa
entoure de la fibrine avec un fil de façon à empêcher l
ment de la masse, la digestion ne s'en fait pas moins.

D'après Meissner, les corps albuminoïdes liquides ne
être digérés que s'ils ont subi la modification qui les
solubles dans l'eau; or, pour que cette action se pro
faut un excès d'acide; si cet excès d'acide n'existe pa
buminoïdes liquides ne peuvent être digérés, les albu
insolubles seuls le sont; c'est ce qui arrive, par exemp
ajoute au suc gastrique un excès de pepsine qui neutr
lie, pour employer l'expression technique, une certaine
d'acide. Mais outre l'*acide libre* qui, dans le suc gastri
à préparer les albuminoïdes à la digestion, il faut en
autre quantité d'acide *liée* à la pepsine et qui constitue
l'agent de la digestion proprement dite. En effet, la
neutre est sans action sur les substances albuminoïde
quand l'aliment a été préparé par un acide. C'est ce qu

l'expérience suivante de Schiff. Il laisse pendant six se-
de la tripe dans de l'eau acidulée; cette tripe se gonfle
ınsforme en une sorte de gelée demi-transparente sans
ltération; une moitié de cette tripe est placée telle quelle
suc gastrique préparé avec l'estomac d'un chien; l'autre
st lavée jusqu'à ce que toute réaction acide ait disparu
dans la même quantité de suc gastrique neutralisé; au
vingt-quatre heures de séjour à l'étuve, l'infusion neu-
présente déjà un commen ent de putréfaction, l'in-
e tripe acide est complétem rée. Cette expérience
t la nécessité d'un excès d re, et la nécessité de
ie acidifiée.

ure de l'acide est sans infl ce essentielle sur la diges-
n peut, dans le suc gastriq artificiel, remplacer l'acide
par n'importe quel acide; se t, pour un acide donné,
ne proportion qui donne le ximum d'effet digestif, et
portion varie suivant la substance albuminoïde à digérer.
ur l'acide chlorhydrique, l s proportions les plus favo-
ont $^{7}/_{10000}$ pour la digestion de la fibrine, $^{12}/_{10000}$ pour
l'albumine. Avec l'acide phosphorique, il faut des pro-
plus considérables. Quand on augmente la quantité de
dans un suc gastrique artificiel, il faut, d'après les faits
plus haut, augmenter aussi la quantité d'acide pour
maximum d'action, mais pas dans une proportion aussi

e de la pepsine. — On a vu plus haut que la pepsine est
sable à la digestion et que cette pepsine n'agit qu'à con-
ètre acidifiée. On s'est demandé si cette pepsine acide ne
pas une combinaison définie, un *acide peptique* ou *chlo-
ue;* mais c'est peu probable. En effet, on peut remplacer
ılorhydrique par un autre acide, et quoique tous ces aci-
un équivalent très-différent, les proportions qu'il faut
r à la pepsine ne varient que dans des limites très-peu

que la pepsine agisse, il faut qu'elle soit délayée dans
ine quantité d'eau, et le maximum d'action de la pepsine
d à une proportion déterminée d'eau. Ainsi, Schiff a
e la même quantité de pepsine d'estomac de chat, dé-
s les quantités d'eau suivantes, digérait les quantités
e solide ci-après :

Eau.	Albumine.
—	—
200 grammes.	196 grammes.
300 —	280 —
400 —	391 —
800 —	680 —
1200 —	888 —
1600 —	870 —

Aussi arrive-t-il souvent que lorsqu'une digestion artif s'arrête, on la fait reprendre par une addition d'eau, et ai suite jusqu'à ce que la dilution finisse par être trop conside Quand la quantité d'eau est trop faible, la digestion ne se fa lentement ou pas du tout.

Il suffit de très-peu de pepsine pour digérer des qua considérables d'albuminoïdes ; si on a la précaution d'e par la dialyse les peptones formées qui arrêtent la digest qu'on ajoute l'eau et l'acide nécessaires pour que la p puisse agir, on peut avec la même pepsine digérer succe ment des quantités presque illimitées de fibrine. La p agirait donc comme un ferment et ne se détruirait pas p la digestion. C'est en effet l'opinion de Brucke; cependant en employant des proportions considérables de fibrine (3 ki a vu la digestion s'arrêter définitivement, faute de pepsi laissant un résidu de fibrine non digérée. (Schiff, *Leçons* *digestion*, t. II, page 115.)

4° *Production artificielle des peptones.*

La cuisson prolongée des albuminoïdes (surtout sous un sion de 2 à 3 atmosphères dans une marmite de Papin) des corps tout à fait analogues aux peptones (*albumin* *cuisson* de Corvisart). Ces produits ont non-seulement t caractères physiques et chimiques des peptones prop dites, mais ils ont encore leurs propriétés physiologiqu jectés dans les veines d'un animal, ils sont assimilés et ne sent pas dans les urines. (Schiff.) L'action de l'air ozonisé aussi des corps analogues. (Gorup-Besanez.) Cependant Sc injectant ces peptones dans les veines d'un lapin, les a retr dans les urines, preuve qu'elles n'étaient pas assimilées.

ıprès quelques auteurs, l'action prolongée des acides pourrait transformer la fibrine en peptone.

B. — DIGESTION GASTRIQUE NATURELLE.

'action du suc gastrique dans l'estomac vivant est identique s ses traits principaux, à ce qu'elle est dans les digestions ficielles; il y a seulement d érences provenant de la rsité même des conditions lesquelles se trouvent les ents.

es conditions spéciales qui terviennent dans la digestion nacale naturelle sont les suivantes :

La sécrétion du suc gastrique est incessante pendant toute urée de la digestion stomacal et l'aliment trouve toujours, conséquent, les proportions plus favorables d'acide et de sine et à l'état de dilution convenable;

Les peptones sont absorbées à mesure qu'elles sont formées, bien passent avec les aliments dans l'intestin grêle ; or, comme a vu qu'un excès de peptone s'oppose à la continuation de la estion, leur absorption continuelle conserve au suc gastrique te sa puissance digestive ;

Les mouvements de l'estomac (voir : *Phénomènes méca-ues de la digestion*) facilitent aussi l'action du suc gastrique mettant successivement toutes les parties des aliments en rap-t avec le suc sécrété par la muqueuse.

'abord de la salive dans l'estomac ne modifie pas les phéno-nes de la digestion des albuminoïdes par le suc gastrique. On u, du reste, s'en assurer directement chez des animaux por-rs de fistule gastrique et chez lesquels on avait pratiqué des ules des conduits salivaires, ou même l'extirpation des glandes, r empêcher l'arrivée de la salive dans l'estomac.

La présence d'aliments autres que les albuminoïdes (graisses, ulents, etc.), ou celle de substances réfractaires, ne modifie pas plus essentiellement les phénomènes digestifs. Elles ne peu-t agir qu'en retardant l'action du suc gastrique ; ainsi, la isse qui entoure les albuminoïdes empêche l'imbibition rapide la substance alimentaire par le suc gastrique ; par contre, taines substances réfractaires pourront aider la digestion en mécaniquement la muqueuse et en activant sa sécrétion.

noïdes subit toujours dans l'estomac même un commen
de transformation digestive et fournit déjà de la pepto
la parapeptone.

c. — Action du suc pancréatique sur les aliments.

Le suc pancréatique (voir page 161, pour son étu
mique) agit sur les trois espèces d'aliments, féculents, gr
albuminoïdes, et cette triple action justifie le rôle préd
que Cl. Bernard lui assigne dans les phénomènes de la d

1° *Action du suc pancréatique sur l'am*

La transformation de l'amidon en glycose par le s
créatique, découverte en 1840 par Valentin, et étudiée de
Bouchardat et Sandras, est identique à celle qui se prod
l'influence de la salive, mais elle est encore plus rapide
elle est instantanée. Cette transformation n'est empêché
la bile, ni par le suc gastrique, et elle se produit aussi bi
le suc des fistules permanentes qu'avec le suc des fistu
poraires. Cette action est due à un ferment spécial i
Cohnheim.

D'après Korowin, cette propriété saccharifiante n'exist

Action du suc pancréatique sur les graisses.

suc pancréatique a une double action sur les graisses:
Il les émulsionne; si on agite de la graisse liquide ou de le avec du suc pancréatique, il se forme une émulsion che comme du chyle, émulsion qui persiste et dans laquelle globules graisseux sont enc... ...is finement divisés que le lait. (Cl. Bernard.) Il faut ...n deux grammes de suc réatique pour émulsionner u... ...nme de graisse.
Il décompose les graisses ne... ...en acides gras et glycé- Si on met dans une étuve à ... mélange de graisse et ic pancréatique additionné d... ...re de tournesol bleue, le nge, d'abord alcalin, devient ... peu acide et la teinture urnesol prend une coloratio... ...ge. Les acides gras sont mis en liberté et s'unissent a... ...lcalis du suc pancréatique former des savons acides. Cette action est empêchée par llition. D'après Danielewski, elle serait due à un ferment al.

ction du suc pancréatique sur les substances albuminoïdes.

ction du suc pancréatique sur les substances albuminoïdes très-controversée. Pour les uns, c'était une véritable digestion, d'autres une simple putréfaction. Cependant les recherches orvisart, Meissner, Kühne, etc., ont montré que si l'on emploie ic des fistules temporaires ou l'extrait de glande fraîche, prise sixième heure de la digestion (chien), la puissance digestive incontestable. Seulement, cette digestion s'accompagne de nomènes particuliers qui la distinguent essentiellement de la stion par le suc gastrique.
action du suc pancréatique sur les aliments albuminoïdes être partagée en trois phases successives.
Dans la première phase, les substances albuminoïdes sont formées en peptones. Cette transformation, qui se fait sans ...nt préalable et qui se produit, que le milieu soit neutre, ... ou faiblement acide, est très-énergique et très-active. Les

pas directement des substances albuminoïdes, mais des p
formées à leurs dépens; en effet, à mesure que la leuci
tyrosine se produisent, la quantité de peptones diminue,
production de leucine et de tyrosine se fait même quand
en présence du suc pancréatique des peptones toutes for
lieu d'aliments albuminoïdes.

3° Dans la troisième phase, on remarque une diminuti
seulement des peptones, mais de la leucine et de la tyros
se produit par leur décomposition un certain nombre
cipes encore peu étudiés et d'odeur fécaloïde très-pé
qui donnent au mélange une coloration brunâtre; ce
acides gras, une substance qui précipite par l'eau ch
filaments violets, de l'indol, etc. Cette troisième phase se
plus vite quand le milieu est alcalin; un degré léger d'a
retarde l'apparition.

Cette dernière phase a lieu aussi sur le vivant dans
à l'état normal. Mais il est probable que la plus grand
des peptones formées dans la première période d'actio
pancréatique est absorbée, et qu'une faible partie seulem
les transformations des deux dernières périodes.

D'après Cl. Bernard, l'action préalable de la bile et du
trique sur les albuminoïdes est une condition de la
pancréatique de ces aliments; cependant Corvisart, K
d'autres expérimentateurs ont obtenu des digestions c
sans putréfaction, par l'action isolée du suc pancréatiqu

En soumettant des albuminoïdes à une cuisson prolon
de l'acide sulfurique étendu, Kühne a obtenu une pr

— Action de la bile sur les aliments.

tion de la bile sur les aliments et le rôle véritable de cette
on sont encore très-obscurs et, malgré les nombreux tra-
aits sur cette question, on n'est pas encore arrivé à des
its positifs et incontestables.

Action de la bile sur liverses espèces d'alime

lbuminoïdes. — La bile est iction digestive sur les
nces albuminoïdes, comme -ine, l'albumine crue ou
etc. Elle les précipite de leur s n dans les acides étendus
s le suc gastrique. Les pept et les parapeptones pro-
dans la digestion gastrique albuminoïdes donnent avec
un précipité jaune, résiniforme, floconneux, qui dans l'in-
adhère aux villosités et se reconnaît facilement. Ce pré-
soluble dans les alcalis faibles, ne consiste pas seulement
des biliaires et matières colorantes; il contient aussi des
es albuminoïdes, car il donne la coloration rouge avec le
f de Millon. La pepsine du suc gastrique est entraînée méca-
ment par le précipité, sans cependant subir d'altération, et
eur perd tout pouvoir digestif. Cette précipitation, qui
e aux acides biliaires, ne se fait pas si le milieu est alcalin.
its prouvent que si la bile s'oppose à la digestion des sub-
s albuminoïdes dans le suc gastrique, elle ne s'oppose en
leur digestion par le suc pancréatique.
Hydrocarbonés. — Il y a sur ce sujet de très-grandes con-
tions entre les différents physiologistes. Suivant les uns, la
raîche (sauf peut-être celle de porc) est sans action sur l'a-
n; cependant, sous certaines conditions encore indétermi-
bile altérée?), elle peut transformer l'amidon en glycose.
e part, V. Wittich a isolé de la bile fraîche un ferment dia-
ue qui transformerait l'amidon en glycose.
Graisses. — La bile émulsionne les graisses, mais l'émul-
très-peu de temps et est beaucoup moins complète que
forme le suc pancréatique. Mais quand les acides gras

ses fonctions. Ce qui rend la chose encore plus obscu
le maximum de la sécrétion biliaire paraît correspon
ment où les aliments ont déjà traversé le duodénum. I
des physiologistes sur les fonctions de la bile peuv
ranger sous deux divisions principales.

Pour les uns, l'action de la bile serait une action di
laquelle, du reste, on est loin de s'entendre. Cependan
la font intervenir dans la digestion des graisses. On a v
l'opinion de Cl. Bernard sur le rôle de la bile dans la d
albuminoïdes par le suc pancréatique, opinion infir
recherches de Corvisart. Quelques auteurs ont admis, e
sur la propriété qu'a la bile de précipiter les peptones
hésion de ce précipité aux villosités intestinales, que
tardait ainsi le passage des matières assimilables da
de façon à rendre leur absorption plus complète.

Les physiologistes qui admettent que la bile n'a qu'u
post-digestive ne sont pas plus d'accord sur le mécan
action. On a admis qu'elle facilitait la résorption d
grasses, en se fondant sur ce fait que l'huile traverse plu
les membranes animales, même sous une faible pres
ces membranes sont imbibées de bile et surtout de bi
par l'acide chlorhydrique.

Pour Schiff, son action commencerait quand la gr
pénétré dans les chylifères; elle exciterait les contr
fibres musculaires des villosités et faciliterait le cours
phe dans les vaisseaux (on sait que la bile est un
nerfs et des muscles).

ss a émis sur le rôle de la bile l'hypothèse suivante : l'épi-
m de la muqueuse intestinale se renouvellerait après chaque
tion et la bile aurait la propriété d'amener la chute de l'épi-
m qui a servi à la digestion précédente et est devenu
pre à une digestion nouvelle ; en un mot, la bile *balayerait*
stin après chaque digestion.

stules biliaires. — On a cherché à résoudre la question
oyen des fistules biliaires, de façon que toute la bile sé-
s'écoulât à l'extérieur, en vant les phénomènes phy-
giques présentés par l'anima is, là encore, les résultats
très-variables. Un fait consta t que les animaux peuvent
vre très-longtemps à l'opé (Blondlot en a conservé
eurs années), mais à une co , c'est de donner à l'ani-
un excès de nourriture ; ain chien porteur d'une fistule
re doit, pour ne pas perdre poids, manger une quan-
de viande double de celle q uffisait auparavant. Il est
ile d'expliquer comment le iliaire peut être compensé
un excédant d'alimentation, urtout pourquoi cet excédant
sse toujours la quantité de matériaux perdus par la fistule.
ans les cas de fistules biliaires, une partie des substances al-
inoïdes traverse l'intestin sans être digérée. La résorption de
raisse n'est pas arrêtée complétement, mais elle diminue ; un
qui en une heure résorbait par l'intestin 0gr,465 de graisse
kilogramme de poids du corps, n'en résorbe plus que 0gr,09
,06 une fois la fistule établie, et le chyle, au lieu d'être lai-
était devenu opalin et ne contenait plus que 0,19 p. 100 de
sse au lieu de 3,2 p. 100. Les excréments de ces animaux sont
odeur repoussante ; les animaux sont maigres, paresseux ;
poils tombent ; ils présentent en somme une altération pro-
de la nutrition qui indique une influence réelle de la bile,
ous ces phénomènes montrent que cette influence ne se
reint pas à tel ou tel acte spécial de la digestion, mais qu'elle
nd à l'*ensemble* des actes digestifs et peut-être aux actes
mes de la nutrition.

3° *Résorption de la bile dans l'intestin.*

toute l'eau et les 7/8 des parties solides de la bile
és dans l'intestin et repassent dans le sang. Cette

e. — Action du suc intestinal sur les ali

L'action du suc intestinal de l'intestin grêle sur les al très-controversée. Il est douteux, en effet, que le liquid par les procédés de Thiry (voir page 166), Collin, et liquide normal, et il serait très-possible que ce liquide ne chose qu'une transsudation du plasma sanguin. Leven faire du suc intestinal un suc acide, tandis que la p physiologistes le considèrent comme alcalin (Société d 10 octobre 1874); mais il n'a pas recueilli le suc int même, il a simplement fait une infusion de la muque tinale.

Ces faits expliquent les contradictions existantes s du suc intestinal, les physiologistes ayant employé d différents. Ainsi le suc entérique obtenu par le procéd paraît sans action sur les aliments, à l'exception de la f dis que, d'après Leven, une infusion de la muqueuse digère les albuminoïdes, émulsionne les graisses et sacc hydrocarbonés, en un mot, suivant son expression, peu le pancréas.

Albuminoïdes. — Zander et, plus tard, Kölliker et constaté que des morceaux de fibrine ou d'albumine dans l'intestin de chats et de chiens en évitant l'arriv gastrique et du suc pancréatique, perdaient la plus gra de leur poids. Funke et Frerichs ont obtenu des résultats

sultats obtenus chez les carnivores par Zander et les autres ysiologistes tenaient à la présence du suc pancréatique qui exis- t encore dans l'intestin. D'un autre côté, on a vu plus haut l'opi- on de Leven. Chez l'homme, dans les cas de fistule intestinale, résultats ne sont pas moins contradictoires: Lehmann, Braune, uke, n'ont pu constater aucune digestion d'albuminoïdes; sch au contraire est porté à l'admettre. D'après H. Eichhorst, le c intestinal enlèverait aux solutions de gélatine la propriété de prendre en gelée.

Hydrocarbonés. — Le pouvo[illegible] saccharifiant du suc intestinal rait mieux établi que son acti[illegible] sur les albuminoïdes. Ce pou- ir a été constaté par plusieurs [illegible]iologistes sur les animaux et r Busch sur l'homme; cependa[illegible] le suc intestinal recueilli par le océdé de Thiry est sans act[illegible]on sur les féculents. Du reste, Wittich, Eichhorst, etc., ont isolé de la muqueuse intestinale ferment diastatique qui trans[illegible]orme l'amidon en glycose.

Cl. Bernard a découvert dans le suc intestinal et dans la mu- euse de l'intestin grêle, un ferment spécial, *ferment inversif*, i transforme le sucre de canne en sucre interverti, mélange de ycose et de lévulose.

L'action du suc intestinal sur les *graisses* n'est guère admise e par Leven.

L'extrait des *glandes de Brunner*, d'après Costa, aurait la pro- iété de transformer l'amidon en glycose et serait sans action r les albuminoïdes et les graisses.

Le suc entérique du *gros intestin* paraît sans action sur les ments. Quelques auteurs lui attribuent le pouvoir de transfor- er l'amidon en glycose.

3° DE LA DIGESTION DANS LES DIVERS SEGMENTS DU TUBE DIGESTIF.

a. — Digestion dans la cavité buccale.

Les aliments subissent dans la cavité buccale deux espèces de odifications, des modifications mécaniques et des modifications

difications *mécaniques* consistent en une *trituration*

ces mouvements de mastication une certaine quantité
battue avec la salive et mélangée à la masse alimenta
laquelle elle est déglutie. La durée de la mastication va
demment suivant l'état physique de la substance alimentai
celle-ci est dure et volumineuse, plus la mastication se
longée. Une mastication complète est une condition es
pour que les actes digestifs auxquels sera soumis ultérie
le bol alimentaire s'accomplissent régulièrement.

Les *modifications chimiques* qui se passent dans la cav
cale sont d'abord une dissolution des parties solubles des
et en particulier des sels solubles, et ensuite la transform
féculents en glycose; mais, à cause du court séjour des
dans la cavité buccale, cette transformation ne fait que c
cer, y est toujours très-incomplète et s'achève dans le
sous-diaphragmatiques du tube digestif.

Dans le pharynx et dans l'œsophage, le passage du bol
taire est tellement rapide qu'il n'a pas le temps d'épro
modifications digestives particulières.

b. — Digestion stomacale.

Chez quelques animaux, comme le lapin, l'estomac est
plein, et la digestion stomacale est continue. Mais, chez la
des animaux et chez l'homme, la digestion stomacale es
tiellement intermittente. Dans ce cas, les aliments arrivent

continue tout le temps que de nouvelles masses arrivent dans cet organe.

n stomacale est caractérisée par la transformation des substances albuminoïdes; mais cette transfor- ccomplit pas intégralement dans l'estomac, elle ne nencer là pour se continuer dans l'intestin grêle, et es substances ne font que le traverser et subissent estion dans l'intestin. Aussi la part de l'estomac et grêle dans la digestion d ubuminoïdes est-elle à déterminer, et cette dif é explique les fluc- xistent dans l'histoire de science sur ce sujet: it l'estomac qui jouait le le principal; aujour- à le déposséder au pro le l'intestin. Quelques e, exagérant cette tendance, refusent à l'estomac ligestive et ne lui accordent plus qu'un rôle méca- aratoire de dissolution et de dissociation.

la bile dans l'estomac arrête immédiatement la albuminoïdes. Il se passe encore dans l'estomac omènes indépendants de l'action digestive du suc s sels solubles, la gomme, le sucre, sont dissous; nsolubles de chaux et de magnésie le sont aussi à l'acide du suc gastrique; les graisses sont liquéfiées rature de l'estomac, mais sans subir de transfor- l'action saccharifiante de la salive se continue, à cidité du mélange ne soit trop prononcée. La cellu- corné, le tissu élastique, restent inaltérés.

e une sorte de bouillie ou de pâte molle, de cou- ou brune, variable suivant l'alimentation, à laquelle e nom de *chyme stomacal*. Ce chyme comprend :

nces réfractaires à la digestion, tissu élastique, tissu se, etc.;

its, albuminoïdes, hydrocarbonés, graisses, non en- ns;

its en voie de digestion, albuminoïdes et hydrocar- u moins modifiés par l'action du suc gastrique et

ose et, dans certains cas, de l'acide lactique et de que;

et leur nature varient-elles suivant l'alimentation. Pla
chez un chien nourri de viande 6 p. 100 d'oxygène,
et 26 d'acide carbonique. L'estomac est le siége d'un
respiration rudimentaire; l'oxygène introduit avec l
est absorbé en partie et remplacé par de l'acide
exhalé par la surface de la muqueuse; mais tout l'a
nique de l'estomac ne provient pas de cette respi
partie provient évidemment de la décomposition des
de la salive par le suc gastrique et peut-être aussi d'
tation butyrique: en effet, Chevreul a trouvé de l'hyd
l'estomac d'un supplicié.

La durée du séjour des aliments dans l'estom
variable; les liquides y séjournent le moins longtem
sent suivre, dans certains cas, la petite courbure po
directement dans le duodénum sans même se mélan
masse alimentaire qui occupe la grande courbure
cul-de-sac. Cette rapidité de passage se montre mêm
liquides qui contiennent des substances albuminoïdes
ainsi, dans un cas de fistule duodénale, du lait non enc
se montrait à l'orifice de la fistule quelques minutes
gestion. Parmi les aliments solides, il en est qui pass
tomac dans l'intestin après un temps assez court, 15,
d'autres ne passent dans l'intestin qu'au bout de quelq
mais en général, au bout de 4 à 5 heures, la diges
cale est terminée et l'estomac vide.

Le temps pendant lequel les diverses substances a

t aliment passera dans l'intestin sans être modifiée,
'autre partie pourra être digérée complétement dans
ependant, ces réserves faites, la durée du séjour des
alimentaires dans l'estomac donne des indications
e physiologiste et le médecin.
, sur le Canadien Saint-Martin, Bidder et Schmidt, sur
atteinte de fistule gastrique, Gosse, sur lui-même (il
de *mérycisme* ou rumination), ont cherché le temps
uel les divers aliments séj dans l'estomac.
eufs à la coque, le poulet, agneau, la truite,
brochet, séjournent dans ic une heure ou
t demie; le pain, les pom terre, le bœuf un
gtemps; le porc, le boud canard sauvage, de
. Il y a du reste, sous ce ort, de très-grandes
viduelles.
se vide de deux façons par résorption des
nesure qu'elles sont produ 2° par le passage du
le duodénum; ce passage se fait par petites masses
de plus en plus volumineuses et multipliées à mesure
tion avance, jusqu'à ce que tout le contenu de l'es-
t vidé dans l'intestin.

Digestion dans l'intestin grêle.

chyme a franchi le pylore pour pénétrer dans l'in-
le suc gastrique perd toute action digestive et ce
détermine un afflux de bile, de suc pancréatique et
tinal; d'après Schiff, c'est au liquide des glandes de
reviendrait la plus grande part dans la neutralisation
du mélange. L'acidité disparaît peu à peu ; à la fin
m, le contenu de l'intestin est en général déjà alcalin,
linité se conserve habituellement jusqu'à la termi-
intestin grêle.
du mélange des trois sécrétions intestinales sur la
ntaire est assez difficile à analyser, si on veut faire
la part de chacune d'elles. Cependant un fait certain,
ns l'intestin grêle tous les aliments, albuminoïdes,
cre de canne, graisses, sont modifiés et transformés
les rendre assimilables, et que le plus grand rôle

revient au suc pancréatique. Il semble, d'après ce
plus haut, que la bile devrait s'opposer à la digestion
comme elle s'oppose à la digestion stomacale; mais
pitation des peptones par la bile ne se fait que dan
acide et pourrait tout au plus avoir lieu dans les pa
rieures du duodénum; dans un milieu alcalin et, par
dans tout le reste de l'intestin grêle, la bile n'empê
la transformation des albuminoïdes en peptones.

Le *chyme intestinal* varie suivant l'endroit même
où il est recueilli. Très-liquide et coloré en jaune
dans les parties supérieures de l'intestin, il devient
se fonce et acquiert une couleur verdâtre dans les p
rieures; sa composition se rapproche de celle du
macal, dont il se distingue par son alcalinité, la plus
portion de principes alimentaires non digérés, de
leucine et de tyrosine et la présence des sécrétions
et spécialement de la bile.

Ce chyme ne remplit pas complétement l'intestin g
s'y trouve que par places, les anses intestinales voisi
vides et tantôt affaissées, tantôt au contraire distendu
gaz, d'autres fois remplies par de la bile presque pur
mucus intestinal formé en grande partie de cellules

Les *gaz* de l'intestin grêle consistent en azote, a
nique et hydrogène. L'hydrogène et une partie de l'a
nique proviennent de la fermentation butyrique de
bonés. On ne rencontre dans l'intestin que des traces

La durée du séjour de la masse alimentaire da
grêle est peu connue, et on n'a pas de données préc
sujet. Chautard a vu que si, après avoir pris des alim
cés, on s'en abstient complétement, la raie de la c
met trois jours à disparaître quand on examine au s
le contenu de l'intestin.

d. — Digestion dans le gros intes

Le chyme alcalin de l'intestin grêle trouve dans le
tin un suc qui a aussi la réaction alcaline; cependant
ment, le contenu du gros intestin a la réaction acide;
acidité tient à une décomposition de la masse alime

des graisses par le suc pancréatique, fermentation
butyrique des hydrocarbonés, etc.), aussi la réaction
toujours plus prononcée dans le centre de la masse
ice.
nts ne paraissent plus subir dans le gros intestin de
on digestive, sauf peut-être dans le cœcum, surtout
es espèces animales, comme le lapin, chez lesquelles
onstitue un sac très-allon mineux où s'ac-
probablement des phéno igestifs très-actifs.
cas, cette digestion cœc que rudimentaire
e, et on peut admettre, , qu'à partir de la
cœcale, il ne se passe des phénomènes
et qu'il n'y a plus de tran itions digestives.
décompose peu à peu le parcours du gros
: *Bile*) et donne lieu à la ition de taurine, de
'acide cholalique, d'acide Idique, de dyslysine
e. Les altérations du su icréatique et du suc
nt inconnues.
le ces décompositions et de la résorption graduelle
assimilables, le chyme du gros intestin prend peu
ictère des matières excrémentitielles: l'odeur fécale
à peu, la couleur se fonce, la consistance augmente;
l'examen microscopique, on retrouve encore des
igestibles qui ont traversé l'estomac et l'intestin sans
odifiées.
rrivées dans la partie inférieure du gros intestin, les
gros intestin ont tous les caractères des matières
elles.
ou *excréments* ont en général une réaction acide,
cée après une nourriture féculente; quelquefois ce-
éaction est neutre ou alcaline (fermentation ammo-

ontre les substances suivantes :
s réfractaires ou insolubles des substances alimen-
élastiques et cornés, mucine, tissus végétaux, phos-
agnésie, sels de chaux, etc.;
nt d'aliments digestibles qui n'ont pas été modifiés
té qu'incomplétement, fibres musculaires, fragments
amidon, graisses, etc.;
es épithéliales de l'intestin;

Des principes biliaires plus ou moins décomposés, u
et matières colorantes de la bile; acides biliaires, surtou
glycocholique qui se décompose plus difficilement, acid
lique; dyslysine, cholestérine; la taurine et la glycocoll
rencontrent pas;

Des produits de décomposition solides ou gazeux, aci
rique et acétique, stercorine, indol, naphtylamine, etc.

Les fèces contiennent 25 p. 100 de parties solides, sur l
3 à 4 p. 100 de substances minérales; la proportion de
solides peut atteindre 50 p. 100 pour une nourriture c
uniquement de viande; elle diminue au contraire b
quand on ajoute du sucre en quantité notable à l'alimen

La couleur des fèces dépend en grande partie de la
colorante biliaire; en effet, chez les chiens à fistule bili
écoulement extérieur, les excréments ont une coule
grisâtre. Cependant la nature de l'alimentation exerce
l'influence: un régime exclusif de viande les rend
régime mixte de féculents et de viande brun jaunâtre, u
herbacé verts.

Leur quantité varie entre 100 et 200 grammes par jou
aller jusqu'à 400 et 500 grammes; elle est plus forte
alimentation végétale.

La durée du séjour des fèces dans le gros intestin va
six et vingt-quatre heures environ; cette durée, très-
du reste suivant les individus, est soumise à l'influen
foule de causes et en particulier de l'habitude.

Les *gaz* du gros intestin ont une composition qui d
la nature de l'alimentation. On y rencontre des trac
gène, de l'hydrogène, de l'acide carbonique, de l'azote, e
de l'hydrogène carboné et de l'hydrogène sulfuré; le s
existe qu'en très-faible quantité, à la suite d'alimen
viande et provient probablement du soufre des albumi
peut-être d'une décomposition de la taurine. On y t
principes volatils odorants encore indéterminés.

4° CHANGEMENTS DES ALIMENTS DANS LE TUBE DI

Si maintenant nous reprenons chacun des aliments
si nous passons rapidement en revue les modifications

ute l'étendue du tube digestif, nous observons les faits
:

drocarbonés. — L'*amidon* est transformé en dextrine,
glycose, par la salive, le suc pancréatique et peut-être le
tinal. Cette transformation, commencée dans la cavité
se continue, quoique faiblement, dans l'estomac, mais
rtout dans l'intestin grêle où elle s'achève.

re de canne est transformé en sucre interverti dans
grêle par le ferment invers ... uc intestinal.

re de lait serait, suivant que ... siologistes, absorbé
r de modifications; suiva ... es, au contraire, il
alablement transformé en ... , ce qui me paraît
able.

des recherches faites au ... toire de Munich, la
rait aussi partiellement co ... n glycose.

ose ainsi formée ou celle ... est ingérée directement
décomposée partiellemen ... donner naissance à des
tique et butyrique.

ulose est dissoute et transformée en glycose, mais seu-
iez les herbivores.

isses. — Les graisses sont liquéfiées dans l'estomac et
iées dans l'intestin grêle par le suc pancréatique (et
un peu par la bile); en outre, le suc pancréatique en
se une partie en glycérine et acides gras qui forment
lcalis de la bile des savons solubles et absorbables.

uminoïdes. — Les albuminoïdes sont transformés en
dans l'estomac et dans l'intestin grêle par le suc gas-
le suc pancréatique (et peut-être le suc intestinal). Après
ion gastrique des albuminoïdes, une partie des pep-
nées dans l'estomac est précipitée par la bile dans le
n et redissoute dans la partie inférieure de l'intestin

atine et les substances qui donnent de la colle sont sim-
lissoutes sans fournir de peptones, et perdent seulement
été de se prendre en gelée.

. — Les sels solubles sont dissous dans la cavité buc-
ms l'estomac par la salive et le suc gastrique; les sels
et les phosphates de magnésie sont dissous en partie
omac par le suc gastrique qui décompose aussi les car-
dont la base s'unit à l'acide chlorhydrique ou à l'acide

lactique. Les sels d'acides organiques sont transformé
bonates.

5° L'*alcool* est absorbé sans subir de modification. (Bou

5° ABSORPTION PAR LE TUBE DIGESTIF.

Le tube digestif absorbe :

1° Les produits de la digestion; *absorption alime digestive*;

2° Une partie des produits de sécrétion versés à la s la muqueuse; *absorption sécrétoire*;

3° Des principes qu'on met accidentellement en co la muqueuse; *absorption expérimentale* et *thérapeutiq*

On ne traitera ici que des deux premières.

a. — Absorption alimentaire ou dige

Cette absorption porte sur les albuminoïdes, la gl graisses et les substances inorganiques.

1° *Absorption des albuminoïdes.*

Les albuminoïdes, pour être absorbés, doivent êtr transformés en peptones. L'équivalent endosmotique de est très-faible : Funke l'a trouvé de 7,1 et 9,9 pour un de peptone à 2,9 p. 100, tandis que l'équivalent end d'une solution albumineuse dépassait ordinairement 1 absorption de peptones se fait dès que les peptones co à se produire, c'est-à-dire dans l'estomac, et se contin ment dans toute la longueur de l'intestin grêle et une gros intestin (cœcum). D'après Schiff, l'absorption stom ferait que dans la région pylorique qu'il appelle le dist bant de l'estomac et où se trouvent les glandes à muc gion des glandes à pepsine n'absorberait pas.

Les recherches de Brücke, Voit, etc., tendent à prouve transformation des albuminoïdes en peptones avant leur n'est pas toujours nécessaire. D'après Eichhorst, la caséi mine de blanc d'œuf additionnée de sels, l'albuminate d

nusculaire, la gélatine, pourraient être résorbés directement, ins d'une façon partielle; le blanc d'œuf, la syntonine, l'al- du sérum, la fibrine coagulée, la myosine coagulée, ient seules une digestion ou une transformation préalables.

2° *Absorption des hydrocarbonés.*

ycose qui résulte de la tr ation des féculents est idement absorbée dans le tu stif, et cette absorption ice déjà dans la cavité buc r peu que le bol ali- y séjourne un certain te s c'est surtout dans grêle que se fait l'absorpt esque toute la quan- ucre formée dans la digesti les parties inférieures stin grêle et dans le gros la glycose est décom- donne naissance à des ac ganiques et principale- de l'acide lactique qui son ment absorbés. Si on lans des anses intestinales ... solutions de sucre de ration variable, on voit que l'absorption est d'autant plus que la solution est plus concentrée (Becker); l'absorption active au début qu'à la fin de l'expérience.

3° *Absorption des graisses.*

sorption de la graisse dans la digestion est une des ques- s plus obscures de la physiologie. Si l'on examine un ani- atre à huit heures après lui avoir donné un repas copieux ières grasses, on trouve les chylifères remplis d'un liquide ; si l'on place alors sous le microscope un fragment de é intestinale, on voit les cellules épithéliales remplies de ranulations graisseuses accumulées surtout entre le noyau face libre et quelquefois réunies en grosses gouttelettes; asquent les contours et les noyaux des cellules, de sorte villosité paraît recouverte d'une masse de granulations uses qui infiltrent aussi son parenchyme; les cellules épi- es sont devenues indistinctes et la villosité est limitée par d net du côté de l'intestin; quelquefois, ces granulations t une sorte de réseau qui va de la surface au chylifère efois, la villosité, infiltrée dans sa totalité, constitue iasse foncée granuleuse.

L'absorption des graisses se fait exclusivement dans grêle à partir de l'endroit où s'abouchent le canal pan et le canal cholédoque. Elle ne paraît pas se faire dan intestin.

L'absorption des graisses saponifiées ne présente auc culté, mais il n'en est pas de même des graisses ne sont non pas à l'état de dissolution, mais à l'état d'émuls à-dire en gouttelettes très-fines. Comment ces gouttelett sent-elles les cellules épithéliales pour arriver dans chyme de la villosité et de là dans le chylifère central?

Pour Brücke et quelques autres physiologistes, la p des granulations graisseuses dans les villosités se fer même mécanisme que la pénétration de particules so leur intérieur. Mais cette pénétration elle-même n'est p complétement démontrée, malgré les travaux de Herb len, Marfels et Moleschott, etc. D'ailleurs, les expériences ont prouvé que la graisse à l'état solide, quelque finer sée qu'elle soit, ne peut traverser les cellules épithélial donc, de toute nécessité, que cette graisse soit à l'éta mais la graisse liquide n'est pas miscible à l'eau, et Vist a vu que l'huile ne traversait les membranes animales de très-fortes pressions, telles qu'il n'en existe pas dans On a fait intervenir alors plusieurs conditions qui favori passage de la graisse. Vistinghausen a constaté que l'hui les membranes animales sous de très-faibles pressions membrane est imbibée de bile et surtout quand de l'au la membrane se trouve un liquide ayant de l'affinité po comme une solution de potasse. La capillarité intervien si on admet les canalicules décrits par quelques hi dans la paroi libre des cellules épithéliales, et là encor rait l'influence adjuvante de la bile : si on met dans l'h tubes capillaires dont l'un soit imbibé d'eau et l'autr l'huile monte 12 fois plus haut dans celui-ci que dans l Du reste, la difficulté du passage de l'huile à travers d'une membrane imbibée d'eau disparaît en partie si l'o que les gouttelettes huileuses dans les liquides albumi tourent d'une fine membrane albumineuse, *membrane*

ules ou par un orifice de la face libre de la cellule, par fices situés entre les cellules épithéliales, par des cellules antes spéciales? La discussion de cette question dépasse les de ce livre et je renvoie aux traités d'histologie et aux res spéciaux (¹).

la traversée de la membrane épithéliale, la graisse doit r le parenchyme de la villosité pour arriver jusqu'au e central. Là encore, même ...ude et même obscurité. ain admet que l'extrémité ... des cellules épithé- mmunique avec un résea... e fin qui s'abouche- n tour dans le chylifère c... is la démonstration ique de ce réseau n'est pa... complète. Le passage isse dans le chylifère para... outre facilité par les ions des villosités.

ontractions des muscles lis... s villosités se feraient, Brücke, de la façon suivan... contractions sont rhyth- et comme les fibres lisses d... osités sont presque toutes es au grand axe de la villosité, elles la raccourcissent et nt les fluides qu'elle contient dans son parenchyme ou capillaires sanguins ou lymphatiques; puis, la contrac- minée, la pression sanguine des capillaires détermine une turgescence de la villosité qui dilate ses lacunes, ainsi hylifère central. Il en résulte une sorte de succion opérée villosité sur les liquides qui la baignent, tandis que les exprimés ne peuvent refluer dans la villosité à cause des lymphatiques. Il n'y a là, évidemment, qu'une interpré- ypothétique du mécanisme de l'absorption.

– Absorption sécrétoire dans le tube digestif.

lus grande partie des liquides sécrétés dans le tube diges- ès avoir agi sur les aliments, sont réabsorbés et leurs

---

r, sur cette question de la résorption de la graisse : Beaunis, *Ana- nérale et physiologie du système lymphatique*, 1863, page 60 et sui- la bibliographie va jusqu'en 1863; — Letzerich, *Ueber die Resorption. 's Archiv*, 1866; — Conrad L. Erdmann, *Beobachtungen über die ... in der Schleimhaut des Dünndarms*, 1867; — Th. Eimer, . *Virchow's Archiv*, 1869; — S. Bach, *Die ersten Chylus- orption*, 1870; — L. V. Thanhoffer, *Beitr. zur Fettresorp- ...*, 8e vol.

matériaux repassent dans le sang. C'est ce qui arrive pour la
le suc gastrique, le suc intestinal, le suc pancréatique
partie des principes de la bile ; sans cela, l'organisme fe
pertes considérables, puisque la quantité totale des séc
digestives peut être évaluée en vingt-quatre heures à ne
grammes environ.

Cette absorption sécrétoire paraît se faire dans toute l'
du tube digestif, chaque région servant successivement
face absorbante pour les sécrétions qui se déversent a
d'elle. Elle se produit, sauf pour la bile et peut-être pou
pancréatique, sans que les principes résorbés aient
transformation préalable. Mais pour la bile, il n'en est
même : non-seulement elle n'est pas résorbée en totalité,
les 7/8 environ de ses parties solides retournent dans l
mais, comme ses principes subissent une série de décomp
avant d'être résorbés, la taurine, la glycocolle, une part
matière colorante (urobiline), repassent dans le sang ; le
se retrouvent dans les excréments (cholestérine, acide
dique, dyslysine). En effet, on ne peut constater dans le
la veine porte la présence des acides biliaires. Schiff a ce
admis que la bile était, en partie, résorbée en nature d
testin et repassait dans le sang pour être sécrétée de
(circulation biliaire) ; il a vu l'injection de bile dans l
amener une sécrétion de bile plus abondante par les
biliaires et a constaté que, chez des chiens à fistule am
(voir page 128), la sécrétion biliaire augmentait quand la
coulait dans l'intestin, diminuait quand elle s'écoulait au

La résorption de la bile se fait principalement dans l
inférieure de l'intestin grêle et dans le gros intestin.

6° VOIES DE L'ABSORPTION DIGESTIVE.

L'absorption digestive peut s'exercer par deux voies d
(*fig.* 73, page 413) : les lymphatiques (6) et les capillai
guins (2). Seulement il est très-difficile de faire expérim
ment la part de ces deux ordres de vaisseaux dans l'ab
alimentaire. Pour arriver à un résultat, on a employé
méthodes dont les deux principales sont les *ligature*
analyses chimiques.

ls le premier procédé on lie, soit les vaisseaux sanguins, s chylifères, et on voit comment l'absorption se fait après la

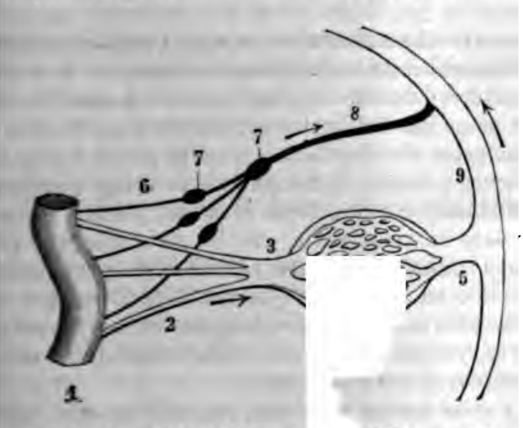


Fig. 73. — Voies de l'absorption re. (Voir page 412.)

et quelles substances se ent dans le liquide du u resté perméable. Mais une de conditions viennent r les résultats obtenus; telle les anastomoses vasculaires qui rétablissent la circulation même après la ligature de (Meder.)

rocédé des analyses chimiques ne donne pas de résultats récis; il est d'abord souvent très-difficile de distinguer les nces absorbées des substances qui existent à l'état normal e sang ou dans le chyle; puis certaines de ces substances, e les peptones, subissent une transformation dans l'absorption, de sorte qu'on ne les retrouve plus dans ces liquides; la rapidité du circuit vasculaire sanguin est si grande condes), qu'il est bien difficile de dire si une substance qui uve dans le chyle n'a pas été absorbée primitivement par le our passer ensuite, et après coup, dans le chyle. Aussi, les sions admises par les physiologistes ne doivent-elles doptées qu'avec certaines réserves, sauf peut-être pour la e.

3. — 1, intestin. — 2, vaisseaux sanguins, veines d'origine de la veine porte. — porte. — 4, foie. — 5, veines sus-hépatiques. — 6, chylifères. — 7, ganglions - 8, canal thoracique. — 9, système veineux.

chaque digestion serait suivie d'une chute et, par suite, d'un r
vellement de l'épithélium. Cette chute serait surtout facile à
tater sur les cellules de l'intestin grêle infiltrées de graisse
qu'on les observe au moment de la digestion des corps gras, e
accélérée par l'afflux de bile dont le maximum se montrerai
l'accomplissement de la digestion et dont la fonction pri
serait de balayer l'intestin après chaque digestion. Quoi q
soit, et sans donner à ce phénomène l'extension que lui att
Küss, cette desquammation épithéliale est un fait certain
joue évidemment un rôle important dans la physiologie d
alimentaire.

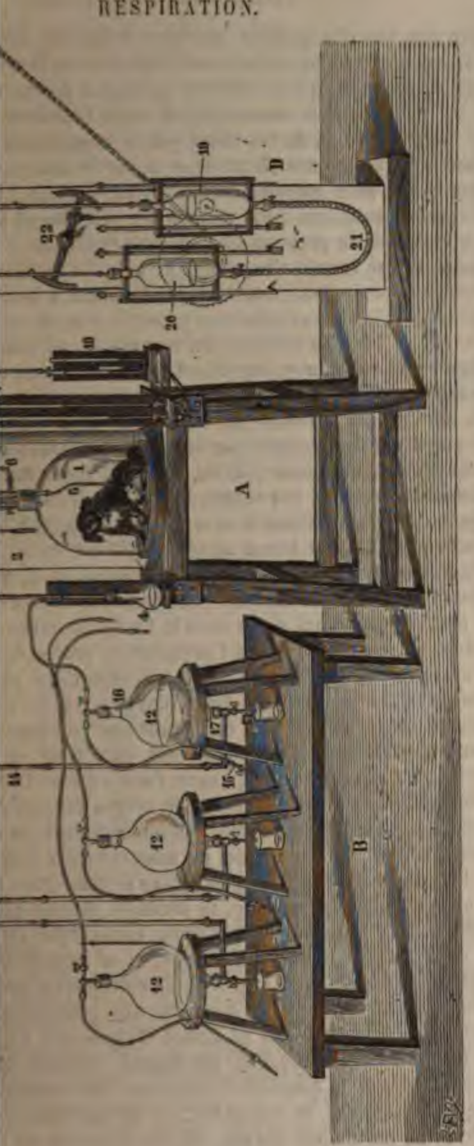
Les *phénomènes mécaniques* de la digestion seront
avec la physiologie des mouvements.

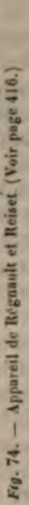
Bibliographie. — SPALLANZANI : *Expériences sur la digestion*, 1783. —
et LASSAIGNE : *Recherches physiologiques et chimiques pour servir à l'his*
digestion, 1825. — TIEDEMANN et GMELIN : *Recherches expérimentales su*
tion ; traduit par JOURDAN, 1827. — BEAUMONT : *Experiments and observ*
the gastric juice, 1834. — BLONDLOT : *Traité analytique de la digestion*
BOUCHARDAT et SANDRAS : *Recherches sur la digestion* ; Annuaires de th
que pour 1843 et 1846. — CL. BERNARD : *Leçons de physiologie expé*
1856 ; *Leçons sur les liquides de l'organisme*, 1859 ; *Cours de physiologie*
Revue scientifique. 3e année, 2e série. — L. CORVISART : *Sur une fonction*
nue du pancréas, 1857. — BRUCKE : *Comptes rendus de l'Académie de*
SCHIFF : *Leçons sur la physiologie de la digestion*, 1867. — Voir en outre
de chimie physiologique et de physiologie.

2. — RESPIRATION.

Procédés pour recueillir et étudier les gaz de la respira
Les procédés varient suivant qu'on veut étudier la respiratio
(par les poumons et par la peau) ou seulement la respiration pul
ou la respiration cutanée. Dans tous ces procédés, on dose dire
les quantités de gaz absorbés ou éliminés. C'est ce qu'on a a
méthode directe, employée pour la première fois par Lavoisier.

A. APPAREILS POUR LA RESPIRATION TOTALE. — 1° *Appareil de R*
et Reiset (*fig.* 74, page 417). Dans cet appareil, l'animal est pla
une cloche dans laquelle la composition de l'air reste uniforme
carbonique étant absorbé au fur et à mesure de sa production
que l'oxygène consommé se renouvelle continuellement. L'
comprend les parties suivantes : 1° la cloche dans laquelle
respire, A ; 2° l'appareil qui fournit l'oxygène, B, C ; 3° l'appar
sorption de l'acide carbonique, D. La cloche (1) dans laquelle e
l'animal est mastiquée sur un plateau qui ferme son ouvertu
rieure et maintenue à une température constante par de l'eau
dans le manchon (2). A sa partie supérieure, la cloche prése




Fig. 74. — Appareil de Régnault et Reiset. (Voir page 416.)

compose de trois ballons semblables (12), munis à leur partie
d'un robinet (13) et possédant une capacité connue entre les
repère (16) et (17). Ces ballons sont remplis d'une solution c
de chlorure de calcium qui ne dissout que des traces d'oxygè
partie inférieure, ils communiquent, par un tube (14), avec un
C, qui contient du chlorure de calcium et dans lequel le li
maintenu au niveau constant par des ballons renversés (18).
plir d'oxygène les ballons (12) de l'appareil B, on met la tub
en communication avec une source d'oxygène, et on ouvre le ro
le chlorure de calcium s'écoule et le ballon se remplit d'oxygèn
trait inférieur (17); on ferme alors le robinet. Pour faire a
oxygène dans la cloche, on ouvre le robinet du réservoir C;
de calcium s'écoule par le tube (14), remplit le ballon (12) et
peu à peu l'oxygène qui passe dans le flacon laveur (4) et de
tube (3), dans la cloche ; quand l'oxygène du premier ballon
on se sert des deux autres ballons. — L'appareil à absorptio
carbonique, D, se compose de deux pipettes (19) et (20), ré
un tube de caoutchouc (21) et contenant une solution de po
mécanisme particulier permet de leur imprimer un mouv
va-et-vient, de telle façon que, quand l'une s'élève, l'autre de
par exemple, la pipette (20) s'élève, le niveau du liquide bais
contenu dans la cloche est aspiré, en même temps l'autre p
s'abaisse et le niveau du liquide, en montant dans son intéri
prime l'air de la cloche et le chasse dans le vase (20) ; la pre
donc comme pompe aspirante, la seconde comme pompe f
ainsi de suite alternativement; l'acide carbonique se trouv
sorbé dans la pipette (20) qui s'élève, et le liquide de la p
qui s'abaisse chasse dans la cloche l'air dépourvu d'acide c
de sorte que l'air de la cloche conserve une composition uni
appareil permit à Régnault et Reiset d'apprécier d'une faç
reuse les quantités d'oxygène consommé, d'acide carboni

eil de *Pettenkofer*. — Cet appareil est construit sur le pe que l'appareil de Régnault et Reiset, mais il est construit oportions grandioses, et la cloche est remplacée par une ez spacieuse pour qu'un homme puisse y séjourner pen-res, le renouvellement de l'air étant assuré par un méca-l. L'air qui a servi à la respiration est entraîné et traverse à gaz; mais, dans l'impossibilité d'absorber tout l'acide e cette énorme quantité d'air, une portion de cet air est ns un appareil particulier, et son acide carbonique est dosé te. Comme ce courant d'air est proportionnel au cipal, on en déduit facileme[illegible]antité totale d'acide

ILS POUR LA RESPIRATION PU[illegible]AIRE. — 1° *Procédé de* xpérimentateur inspire par [illegible]z et expire dans une ée dans une cuve d'eau sat[illegible] le sel. L'air expiré peut conduit dans une éprouvette [illegible]luée ou dans un eudio-l'analyse. — 2° *Appareil* [illegible]*ral et Gavarret*. Il se trois ballons dans lesquels l[illegible] a été fait avant l'expé-ballons communiquent avec un tube qui aboutit à un rméable qui s'applique hermétiquement sur la figure de teur; le masque est muni d'un tube latéral avec un robi-

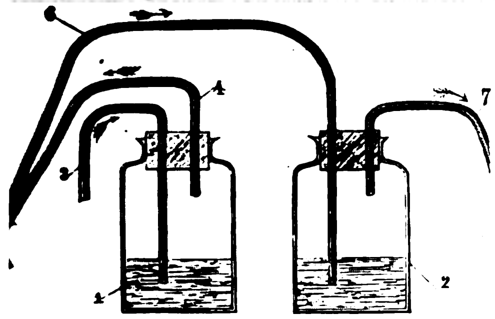


Fig. 75. — Appareil de W. Müller.

lit la communication de l'appareil avec l'air extérieur; on masque et on ouvre le robinet latéral ainsi que le robinet l'air extérieur appelé par le vide pénètre dans l'appareil ce courant d'air, dont on règle la vitesse et qui parcourt ue se fait la respiration. Des soupapes empêchent de re-rieur l'air expiré qui se rend dans les ballons. Cet appa-difficile à manier et très-compliqué, a donné d'excellents re les mains des auteurs. — 3° *Appareil de W. Müller*. ement l'appareil le plus simple et le plus commode pour es de ce genre. Il se compose de deux flacons (*fig*. 75)

placer l'embout par un tube qui s'introduit directement dan

C. Appareils pour la respiration cutanée. — Pour rec sivement les produits de la respiration cutanée, on empl reils pour la respiration totale, mais en prenant la précau duire à l'extérieur, par un des moyens indiqués en B, les p respiration pulmonaire. On peut aussi, en plaçant un me ment dans un manchon disposé d'une façon analogue a décrits plus haut, étudier la respiration des différentes ré sées de la peau.

Méthode indirecte. — La méthode indirecte employée gault conduit d'une autre façon à la connaissance de la gaz inspirés et expirés. On soumet un animal à la ration on pèse les aliments solides et liquides introduits dans le t on pèse d'un autre côté tout ce qu'il perd par les selles et en retranchant la seconde quantité de la première, on a l'animal a faite par la respiration et par la peau. Cette m servir à contrôler la méthode directe.

La respiration, prise dans son acception la plus gén siste essentiellement en un échange gazeux entre l'or le milieu extérieur (air ou eau). Dans cet échange, q animaux supérieurs, se fait entre le milieu extérieur l'animal absorbe de l'oxygène et élimine de l'acide et de la vapeur d'eau, et dans ce processus, le sang transforme en sang artériel. Cette absorption et cette gazeuse ne se font pas *exclusivement* dans une seu elles se font par toute la surface de l'organisme, et ju les liquides sécrétés on retrouve de l'acide carboni d'une véritable respiration; mais ces phénomènes re sont beaucoup plus intenses dans certaines régions d qui sont alors disposées d'une façon spéciale et con organe particulier, *poumons* ou *branchies*, suivant q respire dans l'air ou dans l'eau.

1° RESPIRATION PULMONAIRE.

umons ont la structure des glandes en grappe; mais, au
vue physiologique, ils peuvent être considérés comme
par une membrane vasculaire dont l'étendue égale la
surface de la totalité des vésicules
pulmonaires; l'ensemble des bron-
ches o arbre aérien serait alors
représ par un cône qui aurait
cette s ace pour base et dont le
somme ronqué serait formé par la
trachée ig. 76).

T
P
E

chéma du cône pulmonaire.

L'éc gazeux respiratoire se
passe le sang situé à la partie
interne de cette membrane et l'air
partie externe dans le cô aérien. Mais pour que cet
gazeux s'accomplisse avec assez d'intensité et de rapi-
les besoins de l'organisme, il faut, d'une part, que le
contact avec la surface pulmonaire, se renouvelle de
ouvoir absorber continuellement de nouvelles quantités
et éliminer de nouvelles quantités d'acide carbonique
ur d'eau; il faut, d'autre part, que l'air se renouvelle
rrasser les voies aériennes de l'acide carbonique ex-
introduire de l'air chargé d'oxygène; il faut qu'il y ait
irculation sanguine et circulation gazeuse; cette cir-
azeuse dans les voies aériennes constitue ce qu'on a
ventilation pulmonaire.

odis que, dans la circulation sanguine pulmonaire, le
eux chargé d'acide carbonique arrive par une voie,
ulmonaire, et une fois transformé en sang artériel, s'en
ne autre voie, veines pulmonaires, dans la ventilation
ulmonaire il n'en est pas ainsi; la même voie, bronches
, sert à l'exhalation de l'acide carbonique et à l'intro-
l'oxygène; il n'y a qu'un simple mouvement de va-
e soufflet, par lequel l'air chargé d'acide carbonique et
d'eau (air expiré) est expulsé pour être remplacé par
sphérique (air inspiré); et comme les poumons ne se

T, trachée. — P, cavité du poumon. — E, B, surface respiratoire. (Küss.)

vident jamais complétement de l'air qu'ils contiennent, il suit qu'il y a toujours mélange d'une partie de l'air expir l'air inspiré. L'acte par lequel les poumons se vident com ment de l'air chargé d'acide carbonique et de vapeur d' reçu le nom d'*expiration*, et on a donné le nom d'inspi à l'acte par lequel l'air atmosphérique pénètre dans l aérien.

Le mécanisme de l'inspiration et de l'expiration, le rô dans ces deux actes par le poumon, le thorax et les pui musculaires, en un mot, les *phénomènes mécaniques* de piration seront étudiés avec les mouvements; il ne s'a que des phénomènes physico-chimiques de la respiration.

Nous étudierons successivement le rôle de l'air, du s poumon dans la respiration, les échanges gazeux respir absorption d'oxygène, élimination d'acide carbonique, d'i de vapeur d'eau, et les variations de ces échanges gaze les diverses conditions de l'organisme.

a. — De l'air dans la respiration.

1. — AIR INSPIRÉ.

Nous inspirons en moyenne un demi-litre ou 500 cent cubes d'air à chaque inspiration, ce qui donne par he litres environ et 9,000 en 24 heures. (Voir : *Mécanique* *toire*.) Il est donc important d'étudier à ce point de vue position et les propriétés de l'air atmosphérique.

L'air atmosphérique contient, sur 100 parties :

	En volume.	En poids.
Oxygène	20,8	23
Azote	79,2	77
	100,0	100

Il contient en outre des traces d'acide carbonique vapeur d'eau.

La quantité d'*acide carbonique* varie de 4 à 6 dix-m Elle est plus forte dans les lieux habités et plus grand que le jour.

La *vapeur d'eau* contenue dans l'air s'y trouve à l'ét

isible ou à l'état de vapeur vésiculaire. La quantité
vant la température, et cette quantité peut être d'autant
sidérable que la température est plus élevée; aussi en
st-elle plus grande en été qu'en hiver.
hygrométrique ou l'humidité de l'air ne dépend pas
t de la proportion de vapeur d'eau qu'il contient, mais
e ce fait que cet air est plus ou moins près de son point
tion; aussi l'air est-il plus sec en été qu'en hiver, quoi-
antité absolue de vapeur d' u y soit plus forte. Cet état
rique s'exprime par la *fr ion de saturation*, c'est-à-
la quantité de vapeur d'ea ontenue dans l'air divisée
ntité de vapeur d'eau que ir peut contenir à satura-
nême température.
ndamment de ces substar l'air contient des pous-
nérales, des produits de d omposition des substances
s, du carbonate d'ammon ae, de l'hydrogène proto-
le l'acide azotique, de l'azotite d'ammoniaque (Schœn-
l'ozone, des principes volatils d'origine organique, des
ganiques, etc.

onditions ont de l'influence sur la respiration, la tem-
et la pression.
pérature de l'air atmosphérique présente d'assez gran-
ions. Quand l'air est dilaté par la chaleur, nous inspi-
air plus raréfié, autrement dit la quantité d'oxygène
inspirons est moindre. Chaque inspiration fait entrer
poumons environ un demi-litre d'air, et 0l,104 d'oxy-
a température de 0°. A + 40°, ce demi-litre d'air ne
plus que 0l,0915 d'oxygène. En effet, le coefficient de
de l'air est 0,00367, et 100 volumes d'air à 0° oc-
14 volumes à + 40°. Aussi, quand la température s'é-
e façon notable sommes-nous obligés, pour compenser
tation de l'air inspiré et retrouver la quantité d'oxy-
essaire, d'augmenter le nombre et la profondeur des
ns.
ssion de l'air atmosphérique est de 760 millimètres en
au niveau de la mer, mais ce qui intéresse le physio-
a point de vue de l'échange des gaz, c'est, non pas la
barométrique totale, mais la *pression partielle* de cha-
az de l'air et spécialement de l'oxygène. Ces pressions

partielles sont proportionnelles aux quantités de gaz cont
dans l'air atmosphérique : Ainsi :

$$\text{La pression de l'oxygène} \ldots = \frac{760 \times 20{,}8}{100} = 158 \text{ milli}$$

$$\text{La pression de l'azote} \ldots = \frac{760 \times 79{,}2}{100} = 601 \text{ milli}$$

$$\text{La pression de l'acide carbonique} = \frac{760 \times 0{,}0005}{100} = 0{,}38 \text{ milli}$$

On verra plus loin que les pressions partielles ne son
tout à fait les mêmes dans l'intérieur des poumons.

2. — AIR EXPIRÉ.

L'air expiré a la composition suivante que je rapproc
celle de l'air inspiré :

	Air expiré.	Air inspiré.
Oxygène.	15,4	20,8
Azote.	79,3	79,2
Acide carbonique . .	4,3	»
	99	100

Il se distingue donc par les caractères suivants de l'a
piré :

1° Il contient moins d'oxygène;

2° Il contient plus d'acide carbonique; la présence de ce
carbonique dans l'air expiré se démontre d'une façon
simple; il suffit de souffler par un tube dans de l'eau de
ou de baryte; l'eau se trouble immédiatement par form
d'un carbonate insoluble qui se précipite;

3° Il contient un peu plus d'azote;

4° Il est saturé de vapeur d'eau qui provient des muq
pulmonaire et bronchique. Aussi quand cet air expiré
dans un air extérieur à température basse comme en hi
vapeur d'eau se précipite-t-elle sous forme d'un nuage
peur vésiculaire.

Gréhant a indiqué un procédé pour déterminer l'état hygrom
de l'air expiré. On remplit d'eau à + 38° un cube de Leslie q

ace argentée et contient un thermomètre voisin de la paroi bril- on agite légèrement le cube dont l'eau se refroidit peu à peu; uffle alors obliquement sur la paroi argentée, et il arrive un mo- où un dépôt de rosée se forme sur cette surface; pour éviter le lissement du courant d'air expiré et de la surface argentée, ation se fait par un tube fixé dans une cloche appliquée sur le le Leslie et entourée d'ouate. Dès qu'il se forme un dépôt de persistant, on note la température du thermomètre. On constate ue l'air expiré est sensiblement saturé de vapeur d'eau.

r expiré contient en outr etites quantités d'ammo- , qu'on a supposé proven a décomposition de sub- s dans la cavité buccale, qui, d'après Lossen, se veraient dans l'air de la tr en 24 heures on en ex- it $0^{gr},0104$. On y a constat des traces d'hydrogène ié et sulfuré passés de l'inte ns le sang, de substances es, alcool, camphre, etc. l ence du chlorure de so- du chlorhydrate d'ammon , de l'acide urique, des de soude et d'ammoniaqu gnalés par Wiederhold, est ue douteuse.

température de l'air expiré est à peu près constante, de ° environ; il y a cependant de légères différences suivant mpérature extérieure; ces différences peuvent atteindre ré entre l'été et l'hiver. (Valentin.)

volume de l'air expiré est à peu près égal au volume de nspiré, mais s'il en est ainsi, c'est à cause de la dilatation ir expiré due à l'augmentation de température et à la va- d'eau. En réalité, si on suppose les deux airs réduits à la température et desséchés, le volume de l'air expiré est un moindre que celui de l'air inspiré, comme 99 : 100. Ceci à ce fait, déjà reconnu par Lavoisier, que dans la respi- il disparaît plus d'oxygène qu'il n'en revient sous forme le carbonique.

3. — MASSE GAZEUSE DES POUMONS.

volume de la masse gazeuse contenue dans les poumons suivant l'état d'inspiration ou d'expiration dans lequel se les poumons et suivant l'amplitude de ces deux actes.

sidu respiratoire, variable suivant les différents
repos, mouvement, taille, etc., est de 1,200 c
en moyenne. Le résidu respiratoire ne s'éch
poumon se vide complétement, quand par ex
incision aux parois thoraciques avec ouverture

b) *Réserve respiratoire.* C'est l'air qui reste
en sus du résidu respiratoire, après une expir
Dans les conditions normales, en effet, nous
dans les poumons une certaine quantité d'air
expulsée par une expiration forcée; cette rés
peut être évaluée à 1,600 centimètres cubes.

c) *Quantité normale d'air inspiré ou expiré.*
tité est de 500 centimètres cubes.

d) *Air complémentaire.* — C'est l'excès d'air
rons, dans les inspirations les plus profondes
de la quantité normale. Cette quantité d'air co
de 1,670 centimètres cubes.

Les quantités *b*, *c*, *d* constituent la partie mo
de la masse gazeuse. Leur ensemble $b+c+d$
Hutchinson appelle la *capacité vitale* du poumon
tité d'air expiré ou inspiré dans une respiration l
possible. Elle égale 3,770 centimètres cubes c
vigoureux.

Le résidu respiratoire et la réserve respiratoi
tuent la *capacité pulmonaire* de Gréhant. Elle es
timètres cubes en moyenne.

pour mesurer ces diverses quantités. — CAPACITÉ VI-
NSON. — 1° *Spiromètre d'Hutchinson* (*fig.* 77 et 78). — Le



re d'Hutchinson. *Fig.* 78. — Spiromètre d'Hutchinson.

tchinson est construit sur le principe des gazomètres
Il se compose d'un réservoir rempli d'eau dans lequel
che renversée (20) munie à sa partie supérieure d'une
ui se ferme à volonté par un bouchon (17).Cette cloche
ar des cordes (11) qui s'enroulent sur des poulies (18)
des poids (12) de façon à se maintenir en équilibre
ur qu'elle soit placée. Un tube en U est ajouté à l'ap-

pareil; une de ses branches est intérieure, située dans l'a voir et remonte jusqu'au niveau de l'eau du réservoir partie supérieure de la cloche; l'autre branche, extérieure au réservoir, se continue avec un tube de caoutchouc (14) terminé par un embout (19). Après avoir fait une inspiration la plus profonde possible, la personne en expérience adapte l'embout à sa bouche et fait une expiration forcée, le nez étant hermétiquement fermé; l'air expiré arrive dans la cloche par le tube en U la soulève (*fig.* 78, page 427), et la quantité du soulèvement, mesurée par une règle graduée (15) mobile avec la cloche, donne le volume de l'air expiré ou la capacité vitale. — 2° *Spiromètre de Schnepf* (*fig.* 79). Schnepf a modifié avantageusement le spiromètre d'Hutchinson. La construction est la même, mais la cloche n'est équilibrée que par un seul contre-poids, et la chaîne qui le supporte est formée d'anneaux inégaux qui compensent les variations que subit le poids de la cloche suivant qu'elle plonge plus ou moins dans l'eau du réservoir.



Fig. 79. — Spiromètre de

On a imaginé un grand nombre d'appareils spirométriques, pour la description desquels je renverrai aux traités de diagnostic médical et de séméiologie, tels sont le *spiromètre* de Boudin, le *pneumatomètre* de Bonnet, le *pneusimètre à hélice* de G contenterai de décrire l'anapnographe de Bergeon et de appareil (*fig.* 80, page 429) est disposé de la façon suivante ou lame mobile, V, en aluminium, forme la partie postér

Fig. 79. — V, cylindre de laiton. — T, T, tube respiratoire. — A, embout gazomètre. — P, contre-poids. — S, chaîne. — R, poulie. — L, échelle grad tant. — G, gaîne qui soutient l'échelle. — N, niveau du liquide du réservoir gazomètre. — O, partie inférieure ouverte du gazometre.

ctangulaire mise en communication en A avec un tube res-
e terminé par un embout. L'axe de rotation de la valve porte

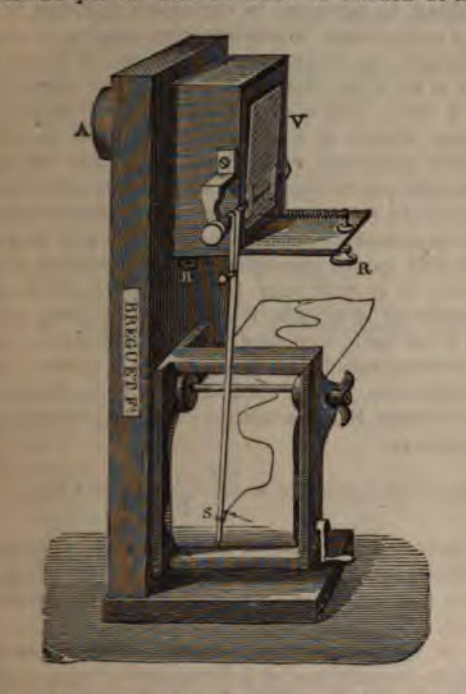


Fig. 80. — Anapnographe de Bergeon et Kastus. (Voir page 428.)

très-léger, S, qui écrit sur une bande de papier animée d'un
nt uniforme tous les mouvements de la valve. Des ressorts
r les boutons R, R, ramènent la valve dans la position d'é-
La personne en expérience applique l'embout sur le nez, et
mouvement de respiration (inspiration et expiration), les va-
le pression de l'air des voies aériennes se transmettent à l'air
ite rectangulaire et amènent des mouvements de va-et-vient
ve V inscrits par le levier S. L'anapnographe, qui a été depuis
nné par Bergeon, donne non-seulement la pression, mais la
d'air inspiré et expiré, et la vitesse du courant d'air.

acité pulmonaire. — *Procédé de Gréhant.* — Ce procédé est
ce fait reconnu par Règnault et Reiset, que l'hydrogène n'est
qu'en très-petite quantité par les poumons. On fait passer
cloche de 3 à 4 litres pleine d'eau, un litre d'hydrogène pur,

c'est-à-dire une quantité égale à une large inspiration; la cl
munie à sa partie supérieure d'un robinet et d'un tube de ver
par un caoutchouc. La personne en expérience introduit le t
la bouche, les narines étant hermétiquement fermées, et res
drogène de la cloche, qui reçoit aussi l'air expiré; on ouvre l
de la cloche à la fin d'une expiration et on le ferme après 4
pirations. On a alors, dans la cloche, un mélange homogène
gène, d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique dont on fait
par les procédés ordinaires; ce mélange, comme s'en est as
hant, est identique comme proportion d'hydrogène avec l'air
mons, autrement dit l'hydrogène, après 5 expirations faites
cloche, est distribué uniformément dans les poumons et dans l
il n'y a donc plus qu'une proportion à faire, proportion don
nait trois termes, la quantité pour 100 d'hydrogène de la cl
fin de l'expérience et la quantité d'hydrogène = 1000 au
l'expérience; il est facile d'en tirer le quatrième terme, sa
volume d'air contenu dans les poumons et dans la cloche, et
la capacité pulmonaire. Si, par exemple, l'air de la cloche à
l'expérience renferme 23,5 centimètres cubes d'hydrogène p
on aura la proportion :

$$23{,}5 : 100 :: 1000 : x = \frac{100 \times 1000}{23{,}5} = 4{,}255.$$

$x = 4{,}255$ représente le volume d'air contenu dans les po
dans la cloche, et la quantité d'air contenue dans les poum
une inspiration d'un litre sera $4{,}255 - 1000 = 3{,}255$; ce ser
cité pulmonaire.

Pour avoir le volume absolu des poumons, il faudra natu
faire la correction barométrique et la correction de températu
V, le volume à t degrés, f, la tension maximum de la vapeur
T, la température de l'air expiré, F, la tension maximum de
d'eau à T degrés, H, la pression barométrique, a, le coeffici
latation des gaz, V^a, le volume absolu de l'air des poumon
formule suivante :

$$V^a = \frac{V(1 + Ta)(H - f)}{(1 + ta)(H - F)}$$

La capacité pulmonaire peut aussi s'apprécier directem
cadavre, en adaptant à la trachée un tube qui se rend dans u
sous le mercure. On ouvre alors les parois thoraciques et le
les poumons s'affaissent et chassent l'air qu'ils contenaie
cloche où on peut le mesurer.

La *capacité vitale* varie de 2 litres et demi à 4 lit

ne vigoureux, elle est d'environ 3,770 centimètres cubes.
femme, elle est plus faible, 2,500 centimètres cubes en-
le augmente jusqu'à 35 ans, pour diminuer ensuite.
chnepf, un enfant de 5 à 7 ans renvoie 800 à 1,000
es cubes d'air par une très-forte expiration, c'est-à-
is moins qu'un adulte. A la puberté, la capacité vitale
très-vite.
acité vitale augmente avec la taille (Hutchinson) et la
nce de la poitrine (Arnold.) Chez l'adulte, elle s'accroît
ntimètres cubes (40 chez la femme) par centimètre de
tableau suivant, emprunté à Vierordt, donne la capa-
chez les adultes pour les es tailles :

Taille en centimètres.			acité vitale imètres cubes.
154,5	à	157	2,635
157	à	159,5	2,841
159,5	à	162	2,982
162	à	164,5	3,167
164,5	à	167	3,287
167	à	169,5	3,484
169,5	à	172	3,560
172	à	174,5	3,634
174,5	à	177	3,842
177	à	179,5	3,884
179,5	à	182	4,034
182			4,454

uvement augmente le volume de l'air expiré. Si on re-
par 1 le volume de l'air expiré dans le décubitus dorsal,
les chiffres suivants (Smith) :

Décubitus dorsal . . .	1
Station assise.	1,18
Lecture	1,26
Station debout	1,33
Marche lente.	1,9
Marche rapide	4,0
Course	7,0

osition de la masse gazeuse des poumons. — La
azeuse des poumons n'a pas une composition uniforme ;
t pas la même dans les diverses parties des voies aérien-
ir contenu dans les couches profondes est plus pauvre

en oxygène, plus riche en acide carbonique et en vapeur d'
Si l'on fractionne en deux portions l'air expiré, la pre
portion, qui vient des parties supérieures de l'arbre aérien,
tient moins d'acide carbonique (3,7 p. 100) que la deu
(5,4 p. 100) qui vient des parties plus profondes (Vierordt
cette différence de composition, il résulte que, même en
sence de tout mouvement respiratoire, il s'établit dans les
respiratoires des courants de diffusion, un courant d'o
allant de haut en bas, et un courant d'acide carbonique
de bas en haut. Si on arrête complétement tout mouvem
respiration et qu'on mette par la bouche grande ouve
poumons en communication avec un réservoir d'air, on y t
au bout d'un certain temps des quantités appréciables d
carbonique. Ce sont ces courants qui, dans les cas d'hiber
et de mort apparente, suffisent pour entretenir la respi
sans ventilation pulmonaire. Mais ce sont là des cas exce
nels et, à l'état normal, pour entretenir la vie, il faut un
piration et par suite une ventilation plus active.

L'air des vésicules pulmonaires doit être plus chargé d'
carbonique que l'air expiré. Il est difficile de l'évaluer
façon précise. Cependant, en ayant égard à la compositi
dernières fractions de l'air expiré, on pourrait admettre
p. 100 d'acide carbonique; cette composition est du reste
ble, et dans l'inspiration la proportion d'acide carboniq
être moins considérable et se rapprocher de la composit
l'air expiré. En effet, dans l'inspiration, les vésicules pulmo
se dilatent et leur cavité se remplit de l'air plus pur des
sions bronchiques.

Le renouvellement de l'air dans les poumons se fait
façon suivante: A chaque inspiration 500 centimètres cubes
en moyenne, pénètrent dans les poumons. Cet air pur ne p
pas du premier coup jusqu'aux vésicules pulmonaires, il
rive que dans les premières divisions bronchiques où les
rants de diffusion s'établissent rapidement entre lui et l'air
plus profondément situé. L'expiration qui fait suite à cette i
ration renvoie 500 centimètres cubes d'air vicié sur les
170 centimètres cubes d'air pur sont rejetés avec l'air vicié
tenu antérieurement dans les poumons. En effet, en rempl
l'air pur, d'après le procédé de Gréhant, par de l'hydrogène
retrouve 170 centimètres cubes d'hydrogène dans l'air ex

c resté dans les poumons, après une expiration nor-
centimètres cubes d'air pur, à peu près les deux tiers
spiré. Cet air, ainsi introduit par une inspiration, se
iformément dans les poumons avec une grande rapi-
nq respirations environ.
appelle *coefficient de ventilation* le chiffre qu'on ob-
visant la quantité d'air pur introduit dans les poumons
piration par la capacité pulmonaire ou la quantité d'air
lans les poumons avant ition ; ce chiffre
1 environ; c'est-à-dire qu mètres cubes de
oumons reçoivent à chaqu on 11 centimètres
pur renfermant 2^{cc},35 d'o
icient de ventilation aug c le volume de
n, comme le prouve le t vant emprunté à

Volume de l'aspiration.	Volume d'hydrogène expiré.	Volume d'hydrog[...] conserv[...]	[...] après [...]ion.	Coefficient de ventilation.
			Litres.	
345	161,5	138,5	2,295	0,060
475	180	320	2,365	0,135
625	231,2	368,8	2,315	0,159
1,300	464,1	535,9	2,04	0,263

, d'après ce tableau, que l'augmentation du coefficient
tion n'est proportionnelle à l'augmentation du volume
ration qu'à partir d'un certain chiffre, un demi-litre
ès, tandis que, pour les inspirations au-dessous d'un
, il n'en est plus ainsi. Aussi des inspirations peu pro-
renouvellent-elles que d'une façon très-incomplète l'air
ons. Par exemple, 18 inspirations, d'un demi-litre cha-
qui font pénétrer dans les poumons 9 litres d'air pur,
nt l'air des poumons plus complétement que 36 inspi-
s 300 centimètres cubes, qui font cependant pénétrer
poumons 10^{l},800, près de 11 litres d'air. De là l'utilité
nastique respiratoire.

— PRESSION DE L'AIR DES POUMONS.

s pour mesurer la pression de l'air des poumons. —
homme. Cette pression peut se mesurer en adaptant à un

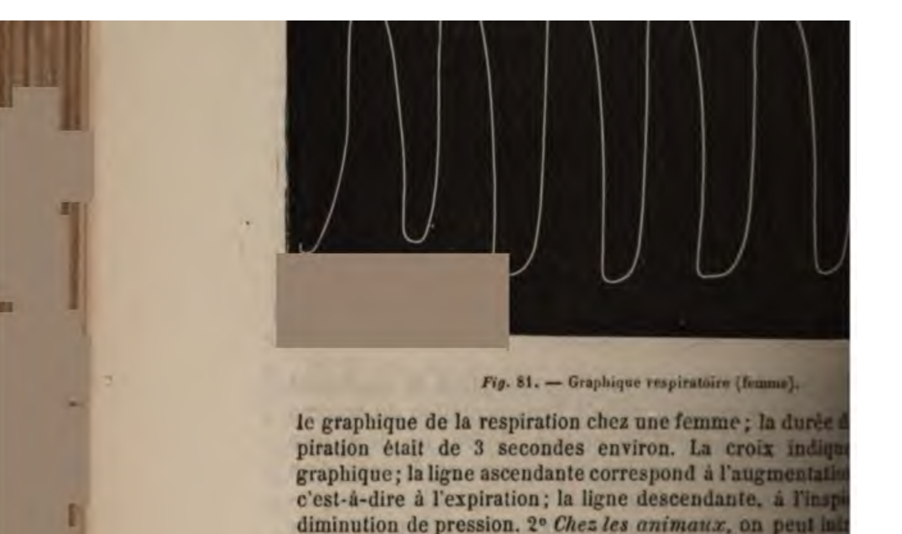


Fig. 81. — Graphique respiratoire (femme).

le graphique de la respiration chez une femme ; la durée d
piration était de 3 secondes environ. La croix indiqu
graphique ; la ligne ascendante correspond à l'augmentati
c'est-à-dire à l'expiration ; la ligne descendante, à l'insp
diminution de pression. 2° *Chez les animaux*, on peut int
tement le tube dans la trachée et on fait communiquer ce
un manomètre, soit avec le tambour du polygraphe, c
figure 82, page 435. Mais pour éviter une trop grande am
lation du levier, et empêcher l'asphyxie, on interpose
trachéal et le tambour un récipient d'une certaine capaci
de l'expiration, la pression augmente dans les voies pulmo
l'appareil et soulève le levier du tambour ; c'est le c
l'inspiration. La figure 83, page 435, représente le gr
pression intra-pulmonaire chez le lapin, graphique pris
ditions ; chaque respiration a une durée de 1 seconde

se contenter d'appliquer une muselière de caoutchouc qui embrasse étroitement le museau et communique par un tube en caoutchouc



Fig. 82. — Enregistrement direct des mouvements de l'air respiré. (Bert.)

avec le tambour du polygraphe. (Bert.) On peut enregistrer indirectement les changements de pression intra-pulmonaire, en plaçant l'animal dans une cloche hermétiquement fermée, et en enregistrant les changements de pression de l'air de la cloche ; quand l'air est raréfié dans

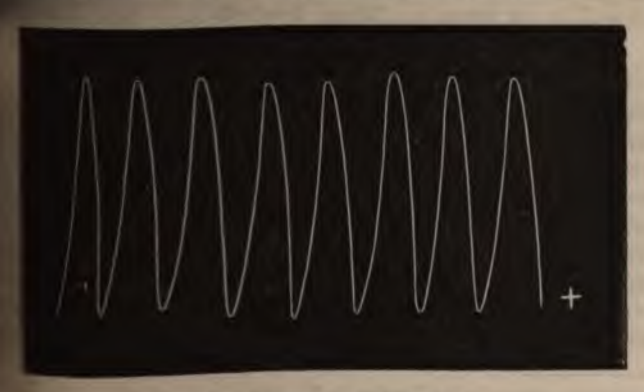


Fig. 83 — Graphique respiratoire (lapin).

poumons de l'animal (inspiration), il est comprimé dans la cloche et [illegible] versé. (Bert.)

L'emploi du tambour du polygraphe est très-commode pour enregistrer les différences de pression, mais quand on veut mesurer exacte-

calme, de 87 et plus dans les expirations profondes.

Il est facile maintenant de calculer avec ces d
chiffres des pressions partielles de l'oxygène et de l'a
nique dans l'air inspiré et expiré; c'est ce que donn
suivant:

		Pression de l'air.	PRESSION de l'oxygène
		—	—
Inspiration	calme. . .	760 — 1 = 759mm	157mm
	profonde. .	760 — 57 = 703	146
Expiration	calme. . .	760 + 2 = 762	117
	profonde. .	760 + 87 = 847	130

Mais ces chiffres ne donnent pas les pressions p
plus importantes à connaître, celles de l'oxygène e
carbonique dans les vésicules pulmonaires. Ces pre
très-difficiles à déterminer, vu l'incertitude dans la
sommes sur la composition réelle de l'air des vésicu
naires. Sa composition varie assez peu dans l'inspirat
l'expiration calme, mais dans les inspirations profon
rapproche de celle de l'air inspiré, et dans les expi
s'en éloigne le plus. Les chiffres suivants représentent
sition approximative de l'air des vésicules, eu égar

(1) Les pressions partielles, P, ont été calculées d'après la
vante, H représentant la pression de l'air inspiré ou expiré, Q
de gaz pour 100 volumes:

$$P = \frac{H \times Q}{\ldots}$$

n d'oxygène et d'acide carbonique dans les diverses phases
respiration. Je donne en même temps les pressions par-
correspondantes :

	Oxygène.		Acide carbonique.	
	Proportion p. 100.	Pression partielle.	Proportion p. 100.	Pression partielle.
	—	—	—	—
on calme. .	17	129 mill.	4	30 mill.
on profonde.	20	1 —	1	7 —
n calme . .	16	1 —	5	38 —
n profonde.	13	1 —	8	67 —

b. — Du sang dan a respiration.

ing présente plusieurs conditions essentielles au point de
échanges gazeux respiratoires : sa composition chimique,
ortion des gaz qu'il contient et la pression de ces gaz,
a quantité de sang qui traverse le poumon en un temps

mposition du sang. — Certains principes du sang ont de
chimique pour les gaz respiratoires ; ce sont d'une part
lobine, de l'autre certains sels du plasma.
noglobine fixe l'oxygène et constitue avec lui une combi-
l'oxyhémoglobine (voir page 68). Un gramme d'hémo-
absorbe 1,2 à 1,3 centimètre cube d'oxygène (à 0° et
de pression).
ins *sels du plasma* fixent l'acide carbonique ; tels sont le
te de soude et peut-être le phosphate de soude du plasma.
) En outre, les globules rouges auraient la propriété de
ne certaine quantité d'acide carbonique en une combi-
encore inconnue. (A. Schmidt, Mathieu.)
roportion des gaz du sang. — La composition des gaz
a été donnée, pages 95 et 104. Au point de vue de la
ion, ce qui serait essentiel à connaître, ce serait la quan-
gaz dans le sang des capillaires du poumon. Cette quan-
possible à déterminer expérimentalement d'une façon
est certainement analogue sinon identique à celle qui
e dans le sang veineux du cœur droit, et serait par con-
la suivante ; je donne ici les chiffres ordinaires (A) et les
plus forts de Mathieu et Urbain (B) ; ces chiffres, du reste,

Procédés pour apprécier la pression des gaz du san
agite du sang avec une quantité déterminée d'oxygène ou d
bonique, la tension de ces gaz, après l'agitation, donne la m
tension des gaz dans le sang; en effet, on connaît la quan
primitif et sa tension, la quantité de gaz abandonnée par le
tension du mélange; on en tire facilement la tension du
sang. Pflüger et Strassburg ont employé pour mesurer ce
un appareil particulier, l'*aérotonomètre*, pour la description
renvoie au mémoire original. (*Archiv. de Pflüger*, VI° vol., p.

On peut apprécier la tension de l'acide carbonique des
du poumon de la façon suivante (Wolffberg) : A l'aide d'un
particulier, *cathéter pulmonaire*, on isole à volonté sur l'an
l'air d'un lobe du poumon dans lequel la circulation co
faire; la respiration continue dans tout le reste du poumo
d'un certain temps, quand la pression s'est égalisée entre
bonique du sang des capillaires et celui qui est contenu da
pulmonaire, on analyse le gaz de cette partie isolée et o
quantité et par suite la tension de l'acide carbonique dans l
capillaires pulmonaires. (*Archiv. de Pflüger*, IV° vol., p. 465.)

On est arrivé par ces méthodes (Strassburg) aux c
vants (chien) :

	Tension de l'oxygène.	Tension de l'acide carbonique.	Proportion d'oxygène p. 100	
Sang artériel . . .	29mm,6	21 mill.	3,9	
Sang veineux . . .	22 ,0	41 —	2,9	

La tension de l'acide carbonique dans le sang des

[redacted]

e carbonique contenu dans l'air des vésicules parais-
et dépasser 5,4 p. 100 et atteindre 8 p. 100 environ.
a pression du sang dans les capillaires est plus consi-
ssi, sans pouvoir donner des chiffres précis, peut-être
loubler (?) les chiffres précédents pour avoir la valeur
tive de la pression des gaz dans les capillaires du
a aurait alors pour les tensions chez l'homme :

	Tensio de l'oxygè	Tension de l'acide carbonique.
	—	—
ériel	59mm,:	42 mill.
neux	44 ,C	82 —

omplique cette question du rôle de la pression des
g dans la respiration, c'est qu'une partie de ces gaz
ée à l'hémoglobine (oxygène) et aux sels (acide car-
t que, dans ces combinaisons, les gaz sont encore,
rtaine mesure difficile à déterminer, sous la dépen-
a pression, pour ce qui concerne leur absorption et
ation.

ité du sang. — A chaque systole, le ventricule droit
s le poumon 180 grammes de sang veineux, de sorte
nt la durée d'une respiration, il *passe* par les capil-
umon environ 700 grammes de sang veineux [1] con-
minimum 245 centimètres cubes d'acide carbonique
imètres cubes d'oxygène. Ces 700 grammes de sang
ie fois transformés en sang artériel, contiennent 210
cubes d'acide carbonique et 105 centimètres cubes

es chiffres, il y aurait donc dans une respiration nor-
demi-litre (inspiration et expiration) 35 centimètres
de carbonique d'éliminés, et 42 centimètres cubes
d'absorbés. Ces chiffres paraissent cependant trop
a se reporte aux analyses de l'air expiré; en effet,
ve que 21,5 centimètres cubes d'acide carbonique et
tres cubes d'oxygène. Il est difficile de déterminer à
tenir l'écart entre ces chiffres, à moins, ce qui est
ue la quantité de 180 grammes de sang admise

—

dmet 4 systoles pendant la durée d'une respiration : 180 ×

de cette surface, soit 150 mètres carrés. (Küss.) La bas pulmonaire peut donc être considérée comme formé nappe sanguine d'épaisseur égale au diamètre des cap poumon ($0^{mm},008$ en moyenne), nappe sanguine qui velle continuellement, et qu'on peut évaluer à un litre

On verra plus loin quel rôle on a fait jouer au tis naire lui-même dans les échanges gazeux respiratoires

d. — Échanges gazeux.

Les échanges gazeux entre le sang et l'air intra-pul font, en grande partie, d'après les lois physiques de l' et de la diffusion des gaz. Mais il ne faut pas croire table échange tel que le supposait Magnus, à un dé direct de l'acide carbonique par l'oxygène. Quand l'oxygène par exemple, est en présence d'un liquide tion de ce gaz dépend uniquement, toutes choses é leurs, de l'excès de pression de l'oxygène extérieur s sion de l'oxygène dissous dans le liquide, et la présen liquide d'un gaz différent, comme l'hydrogène, ser fluence. Il en est de même pour la diffusion d'un ga Si on place un liquide contenant de l'acide carboniq sence d'une atmosphère d'oxygène, l'acide carboniqu pera comme dans le vide, et si l'atmosphère extérieur de l'acide carbonique, le gaz dissous s'échappera ta

des lois physiques. Cependant, même dans ce cas,
lité de leur combinaison, leur absorption et leur éli-
ont, dans de certaines limites, sous la dépendance de

nges gazeux consistent en quatre actes principaux :
d'oxygène, élimination d'acide carbonique, d'azote et
l'eau.

A. — ABSORPTION D'OXYGÈNE.

inspiration d'un demi-litre fait pénétrer dans les pou-
centimètres cubes d'oxygène qui, par la diffusion, pé-
à peu jusque dans les parties profondes des bronches
s vésicules. Cette diffusion se fait assez rapidement
34 centimètres cubes ou un tiers seulement de l'oxy-
duit soient éliminés avec l'air expiré ; deux tiers, ou
tres cubes d'oxygène, restent dans les poumons, et une
es vésicules, cet oxygène se trouve en contact avec la
et les capillaires sanguins. Nous absorbons ainsi en
516,500 centimètres cubes (à 0° et 760 mill. de pres-
valant à 744 grammes d'oxygène.
nditions interviennent dans l'absorption de l'oxygène,
imique et la pression. C'est par l'affinité chimique que
ine des globules rouges s'empare de l'oxygène au fur
e que cet oxygène est absorbé par le plasma sanguin ;

essentiel, et le tableau suivant, qui donne les pressions de l
gène dans l'air des vésicules et dans le sang, indique sous q
pression se fait l'absorption de ce gaz par le sang dans les
actes respiratoires.

	TENSION DE L'OXYGÈNE		Différen
	dans les capillaires des poumons.	dans l'air des vésicules.	
Inspiration calme. . .	44 mill.	129 mill.	85 mil
Inspiration profonde. .	44 —	140 —	96 —
Expiration calme . . .	44 —	121 —	77 —
Expiration profonde. .	44 —	110 —	66 —

On voit par ce tableau que l'absorption de l'oxygène se fa
l'inspiration comme dans l'expiration, mais plus faibleme
cette dernière. Il faut cependant remarquer que, dans ce t
la pression de l'oxygène dans les capillaires a été supp
même dans l'inspiration et dans l'expiration (voir: *Circul*
L'affinité des globules rouges pour l'oxygène explique co
il se fait qu'on puisse continuer à respirer dans une atm
très-raréfiée, et comment, lorsqu'on fait respirer un anim
un espace clos, l'oxygène finit par disparaître, même qu
espace clos était primitivement rempli d'oxygène pur.

L'absorption d'oxygène augmente par le mouvement;
trouvé les chiffres suivants pour les quantités d'oxygène
bées par heure dans le repos et dans le mouvement:

	Age.	Poids du corps.	Repos.	Mouve
Homme . . .	42 ans	63 kilogr.	27gr,7	120
Homme . . .	42 —	85 —	32 ,8	142
Homme . . .	47 —	73 —	27 ,0	128
Homme . . .	18 —	52 —	39 ,1	100
Femme . . .	18 —	62 —	27 ,0	100

Le froid augmente aussi l'absorption d'oxygène.

B. — ÉLIMINATION D'ACIDE CARBONIQUE.

Une expiration d'un demi-litre renvoie 21,5 centimètre
d'acide carbonique environ, ce qui donne pour 24
455,500 centimètres cubes ou 900 grammes d'acide carb

L'élimination de l'acide carbonique du sang par la
pulmonaire se fait, pour la plus grande partie, en vertu

[redacted]

la diffusion, et la pression réciproque de l'acide
ans le sang et dans l'air des vésicules pulmonaires
pal rôle. Le tableau suivant donne ces tensions:

	TENSION DE L'ACIDE CARBONIQUE dans le sang des capillaires.	dans l'air des vésicules.	Différence de tension.
	—	—	—
calme. . .	82 mill.	30 mill.	52 mill.
profonde .	82 —	7 —	75 —
calme. . .	82 —	38 —	44 —
profonde. .	82 —	67 —	15 —

on de l'acide carbonique se fait donc principale-
nent de l'inspiration, et plus la pression de l'acide
xtérieur diminuera, plus l'élimination sera rapide.
on arrive par des inspirations profondes qui, pro-
nergique ventilation, chassent l'air vicié des vési-
emplacent par de l'air pur presque dépourvu d'a-
que. Quand, au contraire, la ventilation pulmonaire
de carbonique s'accumule dans les poumons, sa
mente dans les vésicules pulmonaires, et il peut
r un point où, sa pression équilibrant celle de l'a-
que du sang, ce dernier n'est plus éliminé. On peut
iellement, en faisant respirer un animal dans une
l'oxygène contenant 30 p. 100 d'acide carbonique,
orption d'acide carbonique par le sang, la pression
bonique dans les vésicules dépassant alors celle de
nique du sang.
ment de l'acide carbonique dans la respiration a-t-il
ient sous l'influence de l'excès de pression ou bien
d'autres conditions? Des recherches récentes ten-
ver que l'oxygène n'est pas sans influence sur ce
Si on agite du sang avec de l'oxygène, il dégage
carbonique que si on l'agite dans le vide ou avec un
'acide carbonique ainsi éliminé est probablement
trouve fixé dans les globules rouges (Mathieu et
ii se trouve déplacé par l'oxygène. On a admis aussi
ı même du poumon un corps [acide pneumique (?)
erdeil, taurine (?)] qui chasserait l'acide carbonique.
NCE DES MOUVEMENTS RESPIRATOIRES SUR L'ÉLIMINA-
CIDE CARBONIQUE. — Cette influence a été surtout
ierordt, auquel sont empruntés les tableaux suivants

1° *Nombre des respirations.* — Si on augmente le nomb[illegible]
respirations en leur conservant la même profondeur (un demi
environ), la quantité absolue d'acide carbonique exhalé s'a[illegible]
mais pas dans la même proportion que le nombre des respir[illegible]

Nombre de respirations par minute.	Quantité d'air expiré en centimètres cubes.	Quantité d'acide carbonique expiré en cent. cubes.	Acide carbo[illegible] pour 100 vo[illegible] d'air exp[illegible]
—	—	—	—
12	6,000	258	4,3
24	12,000	420	3,5
48	24,000	744	3,1
96	48,000	1,392	2,9

2° *Profondeur de la respiration.* — Si l'on augmente l[illegible]
fondeur des respirations, à fréquence égale (12 par minu[illegible]
quantité absolue d'acide carbonique augmente, mais pas [illegible]
même proportion que la profondeur.

Quantité d'air expiré en centimètres cubes.	Acide carbonique expiré en centimètres cubes.	Acide carboniq[illegible] p^r 100 volumes d'air
—	—	—
500	21	4,3
1,000	36	3,6
1,500	51	3,4
2,000	64	3,2
3,000	72	2,4

3° *Durée de la pause expiratoire.* — Quand les respi[illegible]
s'arrêtent pendant un certain temps, l'air des poumons se [illegible]
de plus en plus d'acide carbonique. Cette augmentation [illegible]
carbonique est d'abord rapide, puis plus lente, et varie e[illegible]
suivant la profondeur des respirations. Dans la première s[illegible]
la quantité de l'air expiré était de 1,800 centimètres cube[illegible]
la seconde, B, de 3,600 centimètres cubes.

Durée de l'arrêt de la respiration en secondes.	A — Air expiré = 1800 c. cubes. — Quantité d'acide carbonique expiré		B — Air expiré = 3600 [illegible] — Quantité d'acide carb[illegible] expiré	
	en cent. cubes.	p. 100.	en cent. cubes.	p. [illegible]
—	—	—	—	—
20	108,5	6,03	183	5[illegible]
25	111,2	6,18	—	[illegible]
30	115,0	6,39	—	[illegible]
40	119,0	6,62	205	5[illegible]
50	119,0	6.62	—	[illegible]
60	120,9	6,72	228	6[illegible]
80	—	—	240	6[illegible]
100	—	—	265	7[illegible]

INFLUENCE DE L'AGE ET DU SEXE. — L'exhalation d'acide
nique parait augmenter jusqu'à 30 ans et diminuerait en-
Le tableau suivant, d'Andral et Gavarret, donne la quantité
carbonique exhalé en 24 heures pour différents âges :

Age.	Quantité d'acide carbonique exhalé en grammes.
—	—
8 ans	440
15 —	765
16 —	949
18 à 20 ans	1,002
29 à 40 —	1,072
40 à 60 —	887
60 à 80 —	808

e façon générale, l'éliminati n d'acide carbonique est plus
rable chez l'homme que ch z la femme. La différence se-
rtout marquée à l'époque de la puberté où elle serait
e du double. (Andral et Gavarret.) Le tableau suivant de
ng fait saisir ces différences, en même temps que celles
l'âge:

	Age.	Poids du corps en kilogr.	Acide carbonique éliminé par heure. Quantité absolue.	Par kilogramme du poids du corps.
	—	—	—	—
...	35 ans	65	$35^{gr},5$	$0^{gr},51$
...	28 —	82	36 ,6	0 ,45
...	16 —	57,7	34 ,3	0 ,59
...	17 —	55,7	25 ,3	0 ,45
...	9 — 7 mois.	22	20 ,3	0 ,92
...	10 —	23	19 ,1	0 ,88

INFLUENCE DE L'ALIMENTATION. — L'alimentation aug-
la quantité d'acide carbonique expiré, en augmentant la
deur des respirations, car la proportion centésimale d'a-
arbonique de l'air expiré ne varie pas. Cet accroissement
ide carbonique exhalé se montre une demi-heure environ
le repas, de sorte que la courbe des variations de l'acide
ique présente deux maxima et correspond exactement à
rbe des variations de la quantité d'air expiré.
quantité d'acide carbonique expiré croît avec le carbone
dans les aliments; les hydrocarbonés et les acides vé-
en fournissent plus que les graisses et les albuminoïdes.

En effet, l'oxygène contenu dans les hydrocarbonés su
transformer tout leur hydrogène en eau, et dans le ca
nourriture amylacée, presque tout l'oxygène inspiré repa
forme d'acide carbonique; pour les graisses et les albu
au contraire, une partie de l'oxygène sert à former
principes (eau, urée, etc.). Le tableau suivant résume l'i
des divers aliments sur l'acide carbonique expiré; les t
mières colonnes, I, II, III, donnent la proportion de carbo
drogène et d'oxygène contenue dans 100 parties d'alim
colonne IV, la quantité d'oxygène qu'il faut ajouter p
combustion complète; la colonne V, combien sur 100
d'oxygène absorbé il s'en retrouve dans l'acide carboniqu
la colonne VI, combien 100 parties d'oxygène oxydent d'
simples.

	I. Carbone.	II. Hydrogène.	III. Oxygène.	IV. Oxygène à ajouter.	V. O. dans l'acide carbonique
	—	—	—	—	—
Acide malique.	41,38	3,45	55,17	82,78	110,53
Sucre. . . .	40,00	6,66	53,34	106,67	100,00
Amidon . . .	44,45	6,17	49,38	118,52	100,00
Albumine . .	47,48	4,98	13,14	153,31	82,60
Graisse . . .	78,13	11,74	10,13	292,14	71,32

L'influence du thé, du café, de l'alcool est encore cont
La privation d'aliments diminue la production d'ac
bonique.

D. Influence du mouvement musculaire. — L'exerc
culaire augmente l'élimination d'acide carbonique. Pe
et Voit ont, chez un adulte, trouvé 832 grammes d'aci
nique pour 24 heures pendant le repos, et 980 gram
un travail modéré. Mais cette quantité peut être portée
plus haut, au point même qu'il y ait dans l'acide carbo
piré plus d'oxygène que la respiration n'en a introduit.
chien on produit artificiellement le tétanos des memb
rieurs, la quantité d'acide carbonique expiré augmente
rablement (Sczelkow); voici les chiffres d'acide carbo
minute pour quelques expériences (en centimètres cub

Repos.	4,97	7,85	10,58	6,9
Tétanos	13,69	17,62	19,25	19,6

Dans les heures qui suivent immédiatement l'exercic

, il y a une légère augmentation (1/20) de l'acide carbonique, ins que l'exercice ne soit poussé jusqu'à la fatigue extrême.

Influence du sommeil. — Le sommeil diminue l'exhala- d'acide carbonique. Pour 100 parties d'acide carbonique en eures, il y a 58 p. 100 pour le jour et 42 p. 100 pour la Cet écart augmente considérablement s'il y a eu avant le neil un travail musculaire énergique. Ainsi, dans une jour- le repos, un homme éliminait par jour 533 grammes d'a- carbonique pour les 12 heur jour et 395 grammes dans it ; dans une journée de tra liminait 856 (jour) et 353 grammes. (Pettenkofer et V

quantité d'acide carboniq inue aussi dans l'*hiber-* n.

ur l'influence de la tempé de la pression baromé- e, etc., voir : *Action des mi*

C. — EXHALAT AZOTE.

ir expiré contient toujours un peu plus d'azote que l'air ré.

	Azote.
Air inspiré. . .	79,2 p. 100
Air expiré. . .	79,3 p. 100

y a donc, dans l'acte de la respiration, élimination d'azote. zote peut être évalué à 7 ou 8 grammes (600 centimètres s) par jour. Il peut provenir de deux sources :

D'après certains auteurs, Dulong, Despretz, Boussingault, etc., oviendrait de l'azote de l'alimentation ; si on soumet un ani- à la ration d'entretien et qu'on lui donne alors une nourri- de viande, tout l'azote ingéré ne se retrouve pas dans les es et les excréments; il y a un *déficit d'azote* qui serait com- é par une exhalation d'azote par les poumons. Cependant hoff et Voit, dans leurs expériences, n'ont pas constaté ce it d'azote. Théoriquement, la formation d'azote aux dépens matières albuminoïdes est difficile à comprendre.

L'azote proviendrait de l'air introduit avec les aliments it absorbé dans le canal intestinal et passerait de là dans le r.

ficient d'absorption du sang pour l'azote est très-faible,

et, à l'état normal, le sang paraît être saturé d'azote. Regnault et Reiset ont, chez l'animal à jeun, observé une inversion complète de la règle, c'est-à-dire une absorption d'azote dans la respiration.

D. — EXHALATION DE VAPEUR D'EAU.

Nous exhalons par jour environ 330 grammes de vapeur d'eau par la surface pulmonaire.

La vapeur d'eau éliminée avec l'air expiré provient de deux sources: 1° de l'eau du sang (*a*); 2° de l'eau contenue déjà dans l'air inspiré (*b*). La température de l'air expiré ne variant pour ainsi dire pas, et la vapeur d'eau s'y trouvant très-près de son point de saturation, il s'ensuit que la proportion de vapeur d'eau de l'air expiré reste toujours la même, et que par conséquent la quantité d'eau perdue par le sang dépendra, à profondeur de respiration égale, de l'état hygrométrique de l'air inspiré. En effet, si la quantité $a+b$ est constante, a ne pourra varier que si b varie en sens inverse.

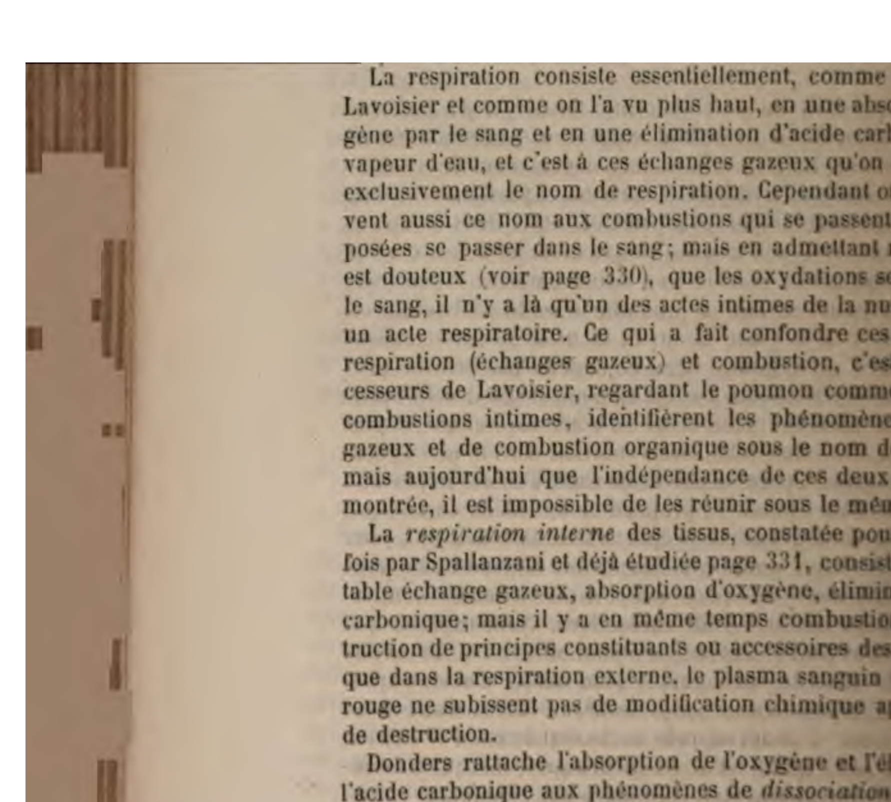
La quantité *absolue* de vapeur d'eau éliminée par les poumons augmente avec la profondeur et la durée des respirations. Le froid, une diminution de pression barométrique, la sécheresse de l'atmosphère, produisent le même effet.

e. — Respiration dans une enceinte fermée

Quand on fait respirer un animal dans une enceinte fermée, où par conséquent le renouvellement de l'oxygène est impossible, l'air de cette enceinte perd peu à peu son oxygène et se charge de quantités de plus en plus considérables d'acide carbonique; tant que la proportion d'oxygène de l'*air confiné* ne tombe pas au-dessous de 15 p. 100, la respiration reste normale; à 7,5 p. 100, les inspirations sont très-profondes; à 4 p. 100, la respiration est très-difficile, et à 3 p. 100 l'asphyxie est imminente. Dans ce cas, l'asphyxie est lente, et le sang, après la mort, ne contient presque plus d'oxygène, les tissus continuant à enlever l'oxygène du sang (respiration interne), tandis que cet oxygène n'est plus remplacé. La rapidité de l'asphyxie dépend de la quantité d'oxygène contenue dans l'espace

si, la ligature de la trachée, qui réduit cet espace clos à l'air
a-pulmonaire, est-elle suivie d'asphyxie presque immédiate.
uand la viciation de l'air confiné est graduelle, l'organisme
uiert une certaine tolérance qui lui permet de vivre dans un
eu qui tuerait immédiatement un autre organisme introduit
transition dans ce milieu. Si on place un oiseau sous une
e sur le mercure, et qu'au bout de 2 à 3 heures on y intro-
e un autre oiseau, le nouvea est pris de convulsions
mbe tandis que le premie au continue à respirer.
Bernard.)

ns la respiration dans une te fermée, il y a non-seu-
ot diminution de la quantité gène et augmentation de
de carbonique, mais il y a dégagement de produits
is (ammoniaque, hydrogèn boné, hydrogène sulfuré,
ères organiques, acides gra atils, etc.), dont quelques-
sont encore très-peu connu qui donnent à l'air confiné
salle remplie de monde une odeur caractéristique (ex.:
de bal). Dans ce cas, la quantité d'acide carbonique ne
sse guère 7 à 8 pour mille, et la gêne qu'éprouve dans
atmosphère un nouveau venu ne dépend pas de cette pro-
on d'acide carbonique, puisqu'on peut respirer artificielle-
dans un mélange plus riche en acide carbonique et plus
re en oxygène. Cependant la proportion d'acide carbonique
servir de guide pour la pureté de l'air; l'air est impur et a
odeur sensible quand la proportion de l'acide carbonique
t 1 pour mille; pour que l'air d'une salle soit pur, pour
la salle soit bien ventilée, la proportion d'acide carbonique
pas dépasser 0,7 pour mille. L'air ordinaire contient
on 0,5 pour mille d'acide carbonique. Nous expirons par
e 12 litres d'acide carbonique; pour diluer cet air expiré
çon à le ramener aux proportions de 0,7 d'acide carbo-
pour mille, il faudrait près de 18,000 litres d'air, si cet
ait tout à fait exempt d'acide carbonique; mais il en con-
déjà 0,5 pour mille, et il en faudra par conséquent beau-
plus. On a constaté que pour un adulte, dans les condi-
ordinaires, il fallait 60 mètres cubes d'air. (Pettenkofer.)
tilation doit donc fournir par heure et par tête 60 mètres
pour que la respiration se fasse dans de bonnes
cette ventilation est surtout indispensable dans



La respiration consiste essentiellement, comme
Lavoisier et comme on l'a vu plus haut, en une abs
gène par le sang et en une élimination d'acide car
vapeur d'eau, et c'est à ces échanges gazeux qu'on
exclusivement le nom de respiration. Cependant o
vent aussi ce nom aux combustions qui se passent
posées se passer dans le sang; mais en admettant
est douteux (voir page 330), que les oxydations s
le sang, il n'y a là qu'un des actes intimes de la nu
un acte respiratoire. Ce qui a fait confondre ces
respiration (échanges gazeux) et combustion, c'es
cesseurs de Lavoisier, regardant le poumon comm
combustions intimes, identifièrent les phénomène
gazeux et de combustion organique sous le nom d
mais aujourd'hui que l'indépendance de ces deux
montrée, il est impossible de les réunir sous le mê

La *respiration interne* des tissus, constatée pou
fois par Spallanzani et déjà étudiée page 331, consis
table échange gazeux, absorption d'oxygène, élimi
carbonique; mais il y a en même temps combustio
truction de principes constituants ou accessoires de
que dans la respiration externe, le plasma sanguin
rouge ne subissent pas de modification chimique a
de destruction.

Donders rattache l'absorption de l'oxygène et l'é
l'acide carbonique aux phénomènes de *dissociation*
Pour l'oxygène, l'oxyhémoglobine est le corps en

dissolution dans le plasma et peut-être aussi des
buminoïdes (plasma et globules).
: théories anciennes de la respiration, elles n'ont
ntérêt historique et ne peuvent trouver place dans le
ivre.

2° RESPIRATION CU...

cutanée présente une éte[...] e 15,000 centimètres
n. (Sappey.) Malgré cette [...] ue, l'importance des
spiratoires est très-faible [...] les animaux supé-
n est pas de même che[...] animaux inférieurs;
grenouille, la respiration [...] anée est très-active et
ntretenir l'existence; auss[...] vivent-elles très-bien
n des poumons et même, après cette opération,
d'acide carbonique n'en paraît pas diminuée. (Re-
iset.)
ges respiratoires de la peau consistent en une ab-
xygène et une élimination d'acide carbonique et de
. L'exhalation d'azote n'est pas démontrée.
tion d'oxygène. — La quantité d'oxygène absorbée
est à celle absorbée par les poumons :: 1 : 127,
cette quantité d'oxygène est toujours plus faible que
retrouve dans l'acide carbonique exhalé.
ation d'acide carbonique. — L'élimination d'acide
par la peau peut être évaluée à 4 grammes en 24
ert), à 10 grammes d'après Scharling. Cet acide car-
it provenir soit directement du sang (respiration cuta-
ment dite), soit de l'acide carbonique de la sueur, passé
ide par transsudation dans l'acte de la sécrétion et
l'acide de la sueur. On ne sait si les diverses régions
liminent la même proportion d'acide carbonique.
tenu pour le bras, 0gr,033 par heure.
tion d'acide carbonique augmente avec la tempéra-
l'exercice musculaire.
ation de vapeur d'eau. — L'élimination de vapeur
r la peau se confond avec la sécrétion de la sueur,
icile de dire, dans la quantité d'eau totale éliminée
, la part qui revient à la sécrétion sudorale et celle

qui pourrait revenir à une simple exhalation cutanée, (
à l'exhalation pulmonaire. La difficulté est d'autant p
que, tant que la sécrétion sudorale reste dans des l
treintes, l'évaporation la fait disparaître immédiateme
sueur ne se présente sous forme liquide sur la surface
que lorsque sa sécrétion atteint une certaine intensit
trouvé pour le bras 1gr,667 de vapeur d'eau exhalée
ce qui donnerait par jour, pour toute la surface cu
élimination de 200 grammes environ de vapeur d'eau

Tout ce qui augmente la quantité du sang des capil
peau (température, vêtements chauds, mouvement
etc.), la sécheresse et l'agitation de l'air augmentent l
de vapeur d'eau.

Pour les phénomènes qui se présentent chez les ani
l'application d'un enduit imperméable sur la peau, voi
animale.

La *respiration intestinale*, qui présente une certa
tance chez quelques animaux (*Cobitis fossilis*, ou
étangs), n'a à peu près aucune importance chez l'hom

Physiologie comparée de la respiration. — Les
les plus importantes sur cette question ont été faites p
et Reiset. Le tableau suivant, emprunté à ces auteurs
quantités en poids d'oxygène, d'acide carbonique et d'
respiration pour une heure de durée et pour 1 kilo
chaque espèce animale.

	Oxygène absorbé.	Acide carbonique exhalé.	Az
Lapins	0gr,883	1gr,109	0
Chien	1 ,183	1 ,195	0
Marmotte	0 ,986	1 ,016	0
—			
Poule	1 ,035	1 ,368	0
Moineau	9 ,595	10 ,583	0
Bec-croisé	10 ,974	11 ,930	0
Verdier	11 ,371	11 ,334	0
—			
Lézard	0 ,1916	0 ,1978	0
Grenouille	0 ,0900	0 ,0910	0
Salamandre	0 ,0850	0 ,1130	0
—			
Hanneton	1 ,0190	1 ,1360	0
Vers de terre	0 ,1013	0 ,1078	0

[redacted]

L'inspection de ce tableau montre à première vue quelle est la différence d'intensité des échanges respiratoires dans les diverses classes d'animaux. La respiration des oiseaux est beaucoup plus active que celle des mammifères, celle des mammifères plus que celle des animaux à sang froid. L'intensité des échanges respiratoires parait être aussi, pour une même classe, en rapport inverse de la taille de l'animal.

Bibliographie. — LAVOISIER : *Exp*[illegible] *ur la respiration*, 1777. — LAVOISIER et SEGUIN : *Mémoire sur la res*[illegible]*s animaux*, 1789. — SPALLANZANI : *Mémoire sur la respiration*, 1803. — [illegible] : *Des Gaz du sang.* (Annales des sciences naturelles, 1837.) — ANDRAL [illegible]ET : *Recherches sur la quantité d'acide carbonique exhalé par le poum*[illegible] de chimie et de physique, 1843.) — VIERORDT : *Physiologie des Athme*[illegible] - HUTCHINSON : *On the capacity of the lungs*, 1846. — REGNAULT et REI[illegible]*erches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes.* (A[illegible] chimie et de physique, 1849.) — HECHT : *Essai sur le spiromètre*, 1855 [illegible]BERNARD : *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteu*[illegible] — E. FERNET : *Du Rôle des principaux éléments du sang dans l'absorp*[illegible]*légagement des gaz de la respiration*, 1858. — PETTENKOFER : *Ueber den* [illegible]*ons- und Perspirations-Apparat im physiologischen Institut zu München*, [illegible]. BERT : *Leçons sur la physiologie comparée de la respiration*, 1870. — V[illegible] la *Bibliographie du sang*, page 108.

3. — SÉCRÉTIONS.

L'histoire chimique des différentes sécrétions a été faite page 116 et suivantes ; ici, il ne sera traité que du *mécanisme* des sécrétions. L'origine et la formation des divers principes de désassimilation seront étudiées plus loin (voir : *Désassimilation*).

a. — Sécrétion rénale.

Procédés opératoires. — 1° *Néphrotomie* ou *extirpation du rein* (Prevost et Dumas, 1823). On peut arriver sur le rein de deux façons, par la paroi abdominale antérieure, ou par la paroi postérieure. Dans le *premier procédé*, le péritoine est ouvert et on a à craindre des accidents de péritonite ; on arrive du reste facilement sur les reins, après avoir incisé l'abdomen sur la ligne médiane et récliné avec précaution la masse intestinale pour mettre le rein à découvert ; le rein gauche est plus facilement abordable que le rein droit qui est caché par le foie. Dans le *second procédé*, qui est meilleur, le péritoine n'est pas lésé ; on fait l'incision de la paroi postérieure de l'abdomen le long du bord externe du carré des lombes, et on arrive assez facilement sur le rein. Ce même procédé est applicable à la plupart des animaux. En général la mort arrive 1 à 2 jours après la néphrotomie ; les oiseaux survivent plus longtemps à l'extirpation des reins. Après l'opération, l'urée s'ac-

dents.

2° *Ligature des uretères.* — Même procédé opératoire. … opération, l'urée s'accumule aussi dans le sang. D'après … ligature agirait comme la néphrotomie. La ligature temporai… tère est suivie d'une exagération de la sécrétion. (Hermann.…

3° *Ligature de l'artère et de la veine rénales.* — Même p…

4° *Destruction des nerfs du rein.* — On peut détruire l… rein qui accompagnent l'artère rénale par une constriction … de cette artère; mais il vaut mieux s'éloigner autant que … rein et détruire le plexus rénal entre les vaisseaux et l… surrénales. (Ustimowitsch.)

5° *Procédés pour augmenter la pression sanguine dan…* Ligature de l'aorte au-dessous de l'origine de l'artère ré… cissement de la veine cave au-dessus de l'embouchure … rénales par une ligature incomplète (Correnti). En outre, … ployer tous les moyens qui augmentent la pression sangui… (injection dans les veines, etc.). Toutes les fois que la pressio… dans les artères rénales, l'albumine paraît dans les urines … fois le sucre).

6° *Procédés pour recueillir les urines.* — Cathétérisme. … directement l'urine qui s'écoule par les uretères. — Po… urines de 24 heures, on place les animaux dans des cag… dont le fond est à jour et constitué par une sorte de gril… dable; les urines s'écoulent dans un vase placé au-dessou… la cage peut être aussi formé par une glace épaisse inclinée, … les urines jusqu'à un trou placé à un des angles de la ca… encore habituer les chiens à émettre leurs urines à heures …

...t importantes à connaître : la disposition des conduits sécré-
...rs et la circulation glandulaire.

Les *conduits urinifères*, dont la longueur est d'environ 0m,052
...hweigger-Seidel) commencent aux *corpuscules de Malpighi*,
...fléchissent (*canaux contournés*), puis envoient dans la sub-
...ce médullaire une anse (*anse d'Henle*) qui remonte ensuite
... la substance corticale ; là ils s'infléchissent de nouveau
...*aux d'union*) pour se jeter dans les *canaux droits* et aboutir
...n à la papille rénale par le [illegible] *pillaire*. Les caractères
...l'épithélium varient dans le [illegible] points de ces conduits.
...s les corpuscules de Malpigh[illegible] élium est pavimenteux ;
...st granuleux et d'aspect gl[illegible] re dans les canaux con-
...rnés et la branche ascendan[illegible] large de l'anse d'Henle ;
...st clair et transparent au co[illegible] dans les canaux d'union,
... canaux droits et dans la part[illegible] endante de l'anse d'Henle.

La *circulation rénale* présent[illegible] de particulier que le *vais-
...u efférent* du glomérule de [illegible] ighi constitue, comme l'a
...tré Bowmann, un petit *vais*[illegible] *porte* (1) intermédiaire entre
...éseau capillaire du glomérule et le réseau capillaire général
... rein qui entoure les canaux urinifères. Ce vaisseau efférent,
... a la structure et la signification d'une artère, est d'un calibre
...rieur au calibre du vaisseau afférent. Il en résulte ce fait
...-important pour le mécanisme de la sécrétion, que la pres-
...n dans le glomérule est plus forte que dans les capillaires
...éraux, tandis qu'elle est plus faible dans les capillaires qui
...ourent les canalicules. (Küss.) Enfin, d'après les recherches de
...dwig, les canalicules ne sont pas en rapport immédiat avec
... capillaires (sauf dans le glomérule), mais plongent dans
... espaces lymphatiques qui occupent le tissu connectif inter-
...tiel.

L'*activité nutritive et glandulaire du rein* a été très-contro-
...sée, comme on le verra à propos du mécanisme de la sécré-
...n ; cependant on trouve dans le rein un certain nombre de
...oduits de désassimilation azotés qui indiqueraient *à priori* une
...trition active : xanthine, hypoxanthine, leucine, tyrosine, créa-
...e, taurine, et spécialement de la cystine qui n'existerait que
...s le rein. D'autre part, d'après les expériences de A. Schmidt,

...lle *vaisseau porte* un vaisseau intermédiaire entre deux
...aires, comme la *veine porte* proprement dite.

• le rein aurait une action oxydante assez énergique; en f
passer du sang chaud à l'abri de l'air dans un rein frais, il
le rein former, pour 24 heures, 752 centimètres cubes
d'acide carbonique (à 0° et 1 mètre de pression).

La *quantité de sang* du rein est assez considérable;
l'évalue à 2 p. 100 de la totalité du sang, à 10 p. 100 du
du rein (lapin). Mais il est à peu près impossible d'évaluer
tement la quantité de sang qui traverse les reins en 24 h
et, par conséquent, la quantité d'urée offerte au rein pour
passage; cependant, le chiffre de 120 grammes d'urée a été
un peu arbitrairement. Des notions plus précises sont
par la comparaison de la composition de l'urine avec
sérum sanguin et lymphatique et surtout par l'analyse com
du sang de l'artère et de la veine rénale.

Le tableau suivant donne la composition comparée de l
du plasma sanguin et du sérum lymphatique, pour 1,000

	Urine	Plasma sanguin:	Sé lymph
Eau	960,00	901,51	957
Matières albuminoïdes	—	81,92	32
Fibrine	—	8,06	[illegible]
Urée	23,30	0,15	[illegible]
Acide urique	0,50	—	[illegible]
Chlorure de sodium	11,00	5,546	5
Acide phosphorique	2,30	0,192	0
Acide sulfurique	1,30	0,129	0
Phosphates terreux	0,80	0,516	0

La comparaison des cendres de l'urine, du sérum san
du sérum lymphatique n'est pas moins instructive.

Pour 100 parties.	Urine	Sérum sanguin.	Sérum lymphatique.
Chlorure de sodium	67,26	72,88	76,70
Potasse	13,64	2,95	1,49
Soude	1,33	12,93	17,66
Chaux	1,15	2,28	—
Magnésie	1,34	0,27	1,00
Acide phosphorique	11,21	1,73	1,33
Acide sulfurique	4,06	2,10	1,00
Oxyde de fer	—	0,26	—

On voit, par ces tableaux, quelle différence il y a e

portions des divers principes de l'urine d'une part, du sang e lymphe de l'autre.

a comparaison du sang de l'artère rénale et du sang de la e donne des résultats importants. Cl. Bernard a constaté que, lant l'activité du rein, le sang de la veine rénale est rouge me du sang artériel, et il rattache cette coloration à l'activité dulaire; quand la sécrétion est arrêtée, au contraire, le sang end les caractères du sang veineux; l'analyse des gaz du sang a veine rénale lui a donné d ltats coucordants ; voici hiffres trouvés pendant la sé et pendant l'arrêt de la étion :

	Oxygène.	Acide carbonique.
Pendant la sécrétion (sang rouge). . .	17cc,26	3cc,13
Pendant l'arrêt de la sécrétion (sa r) .	6 ,40	6 ,40

es chiffres suivants, trouvés athieu et Urbain, diffèrent eu de ceux de Cl. Bernard :

	SANG RÉNAL I CHIEN.			SANG RÉNAL DE LAPIN.	
	Artériel.	Veineux.	Veineux.	Artériel.	Veineux.
ène.	23cc,60	12cc,55	20cc,17	15cc,58	11cc,00
carbonique .	49 ,78	30 ,26	16 ,00	48 ,84	28 ,88

e sang perdrait donc de l'acide carbonique pendant son pas- dans le rein.

après Cl. Bernard, le sang artériel en passant dans le rein rait très-peu d'oxygène, fait en désaccord avec les expé- ces de Schmidt citées plus haut sur l'action oxydante du rein. chhauer, qui a répété les expériences de Cl. Bernard, ne che pas la coloration rouge du sang veineux à l'activité glan- ire; si, par l'excitation du grand nerf splanchnique, on pro- dans la glande des intervalles de repos et d'activité, la cou- du sang ne varie pas et le sang ne deviendrait noir que par osition de l'organe à l'air.

e sang veineux du rein contient très-peu de fibrine et se ule difficilement, et seulement après une longue exposition ir. Simon donne l'analyse suivante du sang du rein:

	Sang artériel.	Sang veineux.
Eau.	,790	778
Résidu solide	210	222
umine	90,30	99
rine	8,28	0

mécanisme de cette sécrétion, la théorie de Bowman
Ludwig et celle de Küss.

1° *Théorie de Bowmann.* — Les glomérules de Malpigh
trer seulement la partie aqueuse de l'urine; les princip
l'urine sont formés ou sont pris du sang, en un mot, séc
cellules glandulaires des canalicules et entraînés par l'eau
ces canalicules. Il est assez difficile de comprendre co
cette filtration de l'eau du sang, il ne passe pas en mêm
sels du sang qui présentent la plupart une si grande diffu
V. Wittich et Donders ont-ils modifié cette théorie en a
les principes salins filtraient avec l'eau dans les glomérul
cellules épithéliales des canalicules ne faisaient que séc
l'acide urique. R. Heidenhain, dans des expériences récen
l'opinion de Bowmann et cherche à établir l'indépendan
nation aqueuse et de l'excrétion des parties solides d
deux actes se passeraient réellement dans des parties d
rein. On peut, en effet, d'après lui, arrêter la sécrétion
reins sans entraver l'élimination des substances solides i
le sang (matières colorantes, urate de soude). Cette élim
que celle des sels de l'urine, se fait par l'épithélium gren
contournés et de la partie large de l'anse de Henle. (*Arc*
ger, t. IX, page 1.) Les expériences d'Heidenhain ne so
ment probantes.

2° *Théorie de Ludwig.* — Dans cette théorie, la press
joue le rôle principal; sous l'influence de cette pression, l
guin filtre à travers les parois des capillaires du glomér
albuminates et les graisses; le fluide transsudé contie
les sels et les matières extractives du sang; une fois a

jusqu'à ce que l'équilibre endosmotique soit rétabli. Ludwig ne jouer primitivement aucun rôle à l'activité glandulaire; les ex- nces de Goll, faites sous sa direction, tendaient à prouver que la n sanguine seule était en jeu; la quantité d'urine augmente en avec la pression, et la concentration de l'urine est en rapport de la vitesse de la sécrétion et ne dépasse jamais un certain e. Cependant, les différences de proportion des principes de l'u- et du sang ne peuvent s'expliquer uniquement par les lois phy- s, et il faut nécessairement fa[illegible] ur une part, même admet la théorie de Ludwig [illegible] glandulaire elle-même. ifficulté de cette théorie, c'est d'[illegible] urquoi dans la filtration avers le glomérule, l'albumine [illegible] avec les autres prin- ; ce serait, d'après Ludwig, [illegible] lbumine diffuse très- ement avec les liquides acid[illegible] ve en présence de libre de l'urine qui serait fo[illegible] ein; mais en tout cas serait pas dans le glomérule [illegible] erait cet acide, et c'est erule qui est le lieu de la filtr[illegible]

Théorie de Küss. — La théorie [illegible] rapproche par certains de celle de Ludwig. Seulemen[illegible] difficulté signalée tout e et admet que le sérum sa[illegible] ntre en totalité à travers les rules, comme dans une transsudation séreuse ordinaire. Puis mine est résorbée dans les canalicules; l'urine serait donc du moins l'albumine. Cette résorption de l'albumine serait due à ité vitale des cellules épithéliales, et cette résorption est aidée faible pression du sang dans les capillaires péricanaliculaires. théorie expliquerait pourquoi dans les kystes du rein, formés à la d'oblitération des canaux urinifères, on trouve non de l'urine, mais sérosité albumineuse, et comment, dans les cas où par suite d'alté- épithéliale dans les maladies du rein, cet épithélium ne pouvant résorber l'albumine, l'albumine paraît dans les urines (albuminu- La théorie de Küss, très-ingénieuse et très-rationnelle, ne s'ac- pas non plus avec tous les faits, et en particulier avec ce fait l'albumine paraît dans les urines par une simple augmentation de sion sanguine, comme par une injection d'eau dans les veines.

voit, par ce résumé rapide, que toutes les théories sont bles d'objections et qu'il est à peu près impossible, dans actuel de la science, de se faire une idée précise et certaine écanisme intime de la sécrétion urinaire. Il faut donc, pour oment, se contenter d'étudier les conditions de cette sécré- Ces conditions sont au nombre de trois principales : pres- sanguine, état du sang, activité épithéliale.

nguine a un rôle essentiel dans la sécrétion. écrétion se fasse, il faut que cette pression soit

L'accroissement de pression sanguine ne fait pa
hausser la quantité d'eau de l'urine, elle fait hauss
principes solides, mais pas dans une aussi forte prop

L'*état du sang* n'a pas moins d'influence. La co
sang oscille autour d'une certaine moyenne; toutes
cette moyenne est dépassée, toutes les fois que d
déjà existants dans le sang s'y trouvent en excès,
principes nouveaux y sont introduits, ces principes
et le rein est la principale voie de cette élimination. C
les boissons augmentent la proportion d'eau de l
ainsi qu'après l'ingestion dans le sang de chloru
(Kaupp), de phosphate et de sulfate de soude (Sic
stances apparaissent dans l'urine en proportions v
vant la dose administrée. La glycosurie se montr
glycose dépasse 0,6 p. 100 dans le sang. Enfin, le
l'urine des substances diffusibles introduites dans l'
fait avec une très-grande rapidité. (Wœhler.) On co
comment il peut se faire qu'il y ait tant de différen
urines des herbivores et celles des carnivores, l'
étant sous l'influence immédiate de l'alimentation. I
donc une véritable action dépuratrice et antito
quand on empêche l'élimination urinaire par la né
la ligature de l'uretère, les accidents toxiques se m
plus rapidement; tandis que, si les voies urinaires
poison au fur et à mesure de son absorption, l'emp
ne se produit pas; c'est ce qui arrive, par exemple

ur la sécrétion (théorie de Bowmann), ou pour la résorp-
héories de Ludwig et de Küss)? C'est là une des premières
ons à résoudre et sur laquelle il est bien difficile de se
ncer. Cependant l'aspect granuleux de l'épithélium des ca-
contournés semble le rapprocher des épithéliums glan-
es, et porterait à lui faire jouer un rôle dans la sécrétion,
que, d'autre part, la longueur des canalicules urinifères
illimètres) et leur trajet tortueux parleraient en faveur
véritable résorption qui se dans ce cas, par les
de ces canaux pourvues ithélium transparent.
l'hypothèse d'une sécrétion p élium des canalicules,
tre question surgit, celle de l'urée, l'acide urique,
nt *formés* dans le rein ou stances existent déjà
le sang, et si le rein ne fa es éliminer. Mais cette
on de l'origine de l'urée, d e urique et des autres
pes de l'urine, touche à la gie d'autres organes et
s tissus que le rein et sera avec celle de la forma-
es produits de désassimilatio r: *Désassimilation*.)

ervation du rein. — L'innervation du rein est peu con-
La moelle allongée paraît être le centre de la sécrétion
re (voir: *Moelle allongée*), comme le prouvent les expé-
s de Cl. Bernard sur la production de la polyurie, de la
urie et de l'albuminurie par la piqûre des différents points
ncher du quatrième ventricule. La section de la moelle
la sécrétion rénale, probablement en abaissant la pression
ine. La destruction des nerfs du rein rend l'urine albumi-
et sanguinolente (Brachet), et finit par amener la fonte
nte de l'organe. La section du nerf grand splanchnique
nte la sécrétion urinaire (Cl. Bernard, Eckhard), et produi-
glycosurie (Hensen); l'excitation du bout périphérique du
rrête la sécrétion. Le grand sympathique aurait la même
(Peyrani.)
r l'*excrétion urinaire*, voir: *Physiologie du mouvement*.

b. — Sécrétion de la sueur.

(voir page 125) est sécrétée par des glandes en tube,
sudoripares, dont le cul-de-sac sécréteur, replié sur

tion; on trouve bien, dans les premières parties recu
débris épithéliaux, mais ils proviennent de la couche
l'épiderme, dont les parcelles sont entraînées par la su
que des parties profondes du cul-de-sac sécréteur. La
mation épithéliale, quoique plus fréquente dans les g
doripares que dans le rein, n'entre donc que pour
très-faible dans la sécrétion.

Outre l'activité épithéliale, deux conditions essenti
viennent dans la sécrétion de la sueur: la circulation
vation.

Tout ce qui augmente la pression du sang dans les
de la peau augmente la production de la sueur; c'est
gissent la chaleur, qui dilate les artérioles et les ca
la peau, l'exercice musculaire, les boissons abondan
croissent la proportion d'eau dans le sang, et enfin
causes qui font hausser la pression sanguine totale.

L'innervation des glandes sudoripares est très-pe
on n'a pu suivre encore de terminaisons nerveuse
glandes, mais les faits expérimentaux ou d'observat
lière ne permettent pas de contester cette influence
vation; tout le monde a constaté la production de s
locales, soit générales, dans les cas d'émotions moral
la section du sympathique au cou est suivie chez le
sueurs abondantes du côté opéré (Cl. Bernard), et si
mène ne s'observe pas sur le chien et le lapin, c
animaux suent très-difficilement; les faits pathol

du grand sympathique mentionné plus haut, la sécrétion enir plutôt à une paralysie vaso-motrice et à la dilatation re et à l'afflux sanguin qui l'ont suivie.

rétion de la sueur est continue comme la sécrétion elle-et la sueur, refoulée vers l'orifice du canal excréteur par es nouvellement sécrétées, arrive peu à peu dans le segment il qui traverse la couche épithéliale; là, le canal ne pos-us de paroi propre, et cette disposition anatomique doit r le passage de la sueur bition dans les inter-es cellules épidermiques l perficielles qui, à ce ont perdu leur adhérence y a là en effet, selon sion de Küss, une sorte de poreuse dans laquelle r s'étale et se perd comme e dans les sables, en t à la peau cette moiteur possède dans l'état de Une fois arrivée dans cette a sueur disparait par ration en constituant ce qu elé *perspiration in-e*, et ce n'est que lorsque ité de sueur devient rable et dépasse la capacit ntion de la couche po-uperficielle que la sueur apparait sous forme de goutte-à l'orifice des conduits sudoripares. Cette perspiration ble par la couche épidermique explique l'erreur de Krause sner, qui croient que les glandes sudoripares ne servent élimination de la sueur, et que cette élimination se fait papilles cutanées et à travers l'épiderme; pour eux les sudoripares seraient le siége d'une sécrétion sébacée, dense seulement que celle des glandes sébacées ordinaires.

c. — Sécrétion lacrymale.

larmes (voir page 128) sont sécrétées par les glandes la-es. Ce sont des glandes en grappe analogues aux glandes es. Les acini sont tapissés par un épithélium glandulaire rés du réseau capillaire par des lacunes qui ne sont pro-ent autre chose que des espaces lymphatiques. La termi-des nerfs est inconnue.

écrétion lacrymale est continue, et, sauf certaines circon-spéciales, très-peu abondante. Elle se fait par filtration, e desquammation épithéliale intervienne et ne s'ac-ne pas d'une sécrétion de mucine. La mucine indiquée

dans les analyses provient vraisemblablement des glan
Meibomius.

La pression sanguine a une influence directe sur cette
tion; c'est de cette façon que le rire, les efforts, la toux,
missement, etc., provoquent la sécrétion lacrymale en gén
en arrêtant la circulation veineuse.

Le rôle de l'innervation a été bien étudié par Herzens
Wolferz. A l'état physiologique, cette sécrétion se prod
action réflexe, et le point de départ du réflexe peut se tr
soit dans une excitation des première et deuxième branc
trijumeau (conjonctive, fosses nasales, etc.), soit dans une
tion rétinienne (lumière), soit dans une influence morale. O
produire expérimentalement la sécrétion lacrymale réfle
l'excitation des branches susmentionnées du trijumeau.

Le nerf sécréteur principal de la glande est le nerf lac
l'excitation de son bout phériphérique provoque des
abondantes (lapin, chien, mouton); sa section est suivie,
d'un certain temps, d'une sécrétion continuelle (sécrétion
tique ?); le réflexe nasal persiste après cette section. Le
crymal n'est donc pas le seul nerf sécréteur; le filet lacry
nerf temporo-malaire et le sympathique du cou ont au
action directe sur la sécrétion; cependant Demtschenko
obtenir de sécrétion par l'excitation du nerf sous-cuta
laire.

Une fois sécrétées, les larmes sont étalées sur la parti
rieure du globe oculaire, et la partie qui ne disparaît
l'évaporation s'engage dans les voies lacrymales ou débo
paupières et coule le long des joues quand la sécrétion
abondante.

d. — Sécrétion biliaire.

La bile (voir page 128) est sécrétée par le foie. Les
hépatiques qui constituent la masse principale de cet
sont irrégulièrement arrondies ou polyédriques et form
une masse protoplasmique granuleuse, contractile, pourv
noyau; elles contiennent dans leur intérieur des molécul
nâtres ou jaunâtres (matière colorante biliaire), des granu
pâles, de nature douteuse, regardées par Schiff comm

ice glycogène et des gouttelettes graisseuses, qui peuvent
ertains cas (foie gras) remplir la substance globulaire et
er le noyau. Cette infiltration graisseuse du foie se montre
dans certains états physiologiques (nouveau-nés, mam-
s à la mamelle; Kölliker).
façon dont les cellules hépatiques se comportent avec les
s des canaux biliaires est encore un sujet de controverse
les histologistes. Cependant, ce qu'il y a de certain, c'est
intérieur même du lobule l : est traversé par un
réseau de *canalicules bil* *apillaires*, interposés
les cellules et qui s'ouvrent d conduits biliaires pé-
laires. La question de savo s canalicules ont une
rane propre est encore dou .es conduits biliaires
ient sur leur trajet des gl n grappe auxquelles
es auteurs ont attribué la pr 1 de la bile.
foie reçoit ses vaisseaux de ources: de l'artère hé-
e et de la veine porte. Le vaisseaux paraissent
buer à la formation du résea apillaire des lobules hépa-
, sans qu'on puisse préciser exactement la part de chacun
le sang qui provient de ce réseau n'a qu'une voie de re-
es veines sus-hépatiques. Enfin, ces capillaires sont plon-
ns les espaces lymphatiques qui complètent la disposition
iquée des lobules hépatiques.
terminaison des nerfs dans le foie est inconnue; l'union
ibres nerveuses et des cellules hépatiques admise par Pflü-
n'est pas adoptée par la généralité des histologistes.
on examine comparativement la composition chimique de
et celle du sang et de la lymphe, on voit immédiatement
certain nombre de principes de la bile, et en particulier
atière colorante et les acides biliaires, ne préexistent pas
le sang; ces principes sont donc formés dans le foie, et la
tion biliaire ne peut être considérée comme une filtration
our l'eau et les sels. L'origine de la bilirubine et des acides
s sera étudiée avec les produits de désassimilation; la
uestion à discuter ici est celle de savoir dans quelle partie
hépatique se forment ces substances et s'éliminent l'eau
els. Morel, Henle, ont cherché à localiser dans des parties
tes du foie la sécrétion biliaire et la formation de la
gène; la substance glycogène se formerait dans
patiques, la bile dans les conduits biliaires, et

Les deux vaisseaux qui se rendent au foie prése différences considérables dont l'étude est essentielle physiologie de cet organe. Le calibre de l'artère est plus faible que celui de la veine porte; leurs diamètr tifs sont comme 1 et 5. L'artère se distribue aux conduits biliaires et aux glandes en grappe de ces c en outre, elle prend part à la formation du réseau cap lobules, et surtout, d'après Chrzonszczewsky, à la parti de ce réseau. La veine porte ne se distribue qu'au ré laire des lobules. Les glandes en grappe ne reçoivent sang que de l'artère hépatique, les cellules hépatique vent surtout de la veine porte et un peu de l'artère mais pour une part comparativement minime. Si on recherche quels sont la pression sanguine et l'ét dans les deux espèces de vaisseaux, on trouve des encore plus marquées.

Le sang dans l'artère hépatique a la composition d tériel ordinaire; il est identique par conséquent au reçoivent toutes les autres glandes; le sang de la vein contraire a une composition toute spéciale; il repré seulement le sang veineux d'une partie des organes al et contient par suite les produits de désassimilatio tissu, mais il contient en outre des principes absorb digestion intestinale, des produits de l'activité spléniq outre, la pression dans les deux vaisseaux est très- elle est plus forte dans les branches de l'artère hépa

uatre fois plus de temps que pour parcourir le réseau capil-
des autres organes.
us trouvons donc dans le foie deux appareils glandulaires
icts, les glandes en grappe des canaux biliaires, les cellules
obules hépatiques. Quel sera le rôle de chacun d'eux?
s glandes en grappe des conduits biliaires reçoivent du sang
iel et sous une forte pression, par conséquent dans des con-
ns favorables pour une filtration sanguine, pour une sortie
sang de l'eau et des princip s en solution dans le
n. Ce sont donc probableme glandes en grappe qui
nissent la partie aqueuse et le le la bile.
ns les lobules, au contraire, o e les conditions les plus
vorables à la filtration, mais e iche, la lenteur du cou-
sanguin favorise le contact pi des cellules hépatiques
le sang, et par suite la format x dépens des matériaux
nis par ce dernier, de principe rés dans les cellules, et,
ffet, comme on l'a vu plus h s principes spéciaux de
ile se retrouvent dans les c hépatiques à côté de la
tance glycogène. Cependant, l'artère hépatique contribue
i au réseau capillaire du lobule, et son rôle s'explique faci-
nt; il y a là, dans la partie centrale du lobule, une filtration,
use qui se fait sous une forte pression, et l'eau qui a passé
ette façon dans les canalicules biliaires capillaires dilue et
aîne la matière colorante et les acides biliaires formés aux
ns de la veine porte dans la partie périphérique du lobule,
s fait arriver ainsi dans les canaux biliaires périlobulaires.
après cette théorie, les deux appareils prendraient donc part
sécrétion biliaire, mais une part déterminée, et on comprend
i comment les physiologistes qui ont voulu attribuer cette
tion exclusivement à un des deux vaisseaux n'ont pu que
outer à des expériences contradictoires. Ces expériences ont
mentionnées page 134 et il est inutile d'y revenir. Cependant,
l un point qui demande quelques éclaircissements et qui
au premier abord en désaccord avec la théorie. Certains
imentateurs, Moos entre autres, ont vu la sécrétion conti-
après l'oblitération de la veine porte, mais ont trouvé la
us épaisse et moins aqueuse; on aurait tort d'en inférer
veine porte fournit la partie aqueuse de la sécrétion; en
ation de la veine porte supprime environ les neuf
sang qui traverse les lobules; le réseau lobulaire

s'expliquer de la même façon.

Ce qui rend les expériences sur la circulation hépat difficiles à interpréter et très-obscures, c'est que les communication entre les deux vaisseaux, artère hé veine porte sont très-faciles. Ainsi, Ludwig et Betz on dans leurs injections que le sang passe plus facileme tère dans la veine porte que dans les veines hépatiques

La sécrétion biliaire est continue; seulement elle ne pas continuellement dans l'intestin; elle s'accumule d sicule tant que la pression dans la vésicule est plus fai pression nécessaire pour vaincre la résistance du ca doque à son embouchure dans le duodénum.

Les variations de la sécrétion suivent jusqu'à un cer les variations de la pression sanguine; quand cette diminue, la bile diminue (saignées, compression de l'a Quand cette diminution de pression sanguine atteint degré, ou quand la pression augmente dans les canaux la bile non-seulement diminue, mais peut même être et cette résorption se fait non par les conduits biliaire le croit Heidenhain, mais par les lobules, autrement réseau capillaire de la veine porte dans lequel la pr plus faible et facilite par conséquent la résorption.

L'influence de l'innervation sur la sécrétion biliaire très-obscure. Elle paraît tenir plutôt aux variations de sanguine déterminées par la destruction ou par l'excit nerfs qu'à une action nerveuse directe sur la sécrét page 134). D'après Pflüger, la galvanisation du foie

ı lieu de passer dans la vésicule, passe dans l'intestin; si gmente encore, la bile est résorbée. La digestion stoma- ıgmente l'excrétion biliaire; si on injecte dans l'estomac ıien à jeun le chyme filtré pris dans l'estomac d'un chien ne digestion, la bile coule dans le duodénum. Le contact ıuide acide sur l'embouchure du canal cholédoque, l'ar- ıu chyme stomacal acide, par exemple, déterminent un de bile dans l'intestin; cet ıe se produit pas avec ide alcalin.

e. — Sécrétio lait.

glandes mammaires qui sé e lait (voir page 135) s glandes en grappe. Hors le lactation, les culs- sécréteurs sont tapissés par es polygonales ordi- mais pendant la lactation cellules s'infiltrent de de sorte qu'on peut assimiler sous ce rapport la sécré- tée à la sécrétion sébacée, opinion combattue cependant bin.

ı examine en effet la glande mammaire pendant la lacta- ı voit que les cellules les plus profondes des culs-de-sac ırs sont infiltrées de gouttelettes graisseuses, tandis que lumière des conduits excréteurs les globules graisseux liberté. Il est probable que les cellules se détruisent en en liberté la graisse, et sont remplacées par de nou- ellules; il y aurait alors à la fois dans la sécrétion lactée mation graisseuse et desquammation épithéliale. Dans niers temps de la lactation, les cellules glandulaires ne isent pas, et on les retrouve dans le lait sous forme de ıles de colostrum. Il est possible cependant que la sorte aussi des cellules glandulaires par déhiscence, ces restant en place dans le cul-de-sac sécréteur; dans ce contractilité du protoplasma cellulaire constatée par sur les corpuscules du colostrum favoriserait l'expulsion elettes graisseuses.

s principes qui entrent dans la composition du lait, il y tainement trois qui sont formés dans la glande mam- sont des produits de l'activité cellulaire, ce sont , aséine et le sucre de lait. Les sels au contraire

substance albuminoïde des cellules glandulaires; ma
viennent alors les principes azotés qui résultent de
blement? Il est probable qu'ils sont résorbés, car
retrouve plus dans le lait, ou on ne les y retrouve
petite quantité (urée). La formation de graisse observ
lait sorti de la glande a lieu aux dépens de la cas
liée à la présence de champignons microscopiques.
Kemmerich.)

La caséine provient évidemment de l'albumine;
lostrum il y a fort peu de caséine et une forte prop
bumine, puis, à mesure que le lait acquiert ses cara
nitifs, on voit les proportions de caséine augmenter p
l'albumine diminue pour disparaître presque con
Cette transformation de l'albumine en caséine se fait
le lait sorti de la glande, comme l'a constaté Kemme
rait due à un ferment isolé par Dæhnhardt, ferme
présence de la potasse, dédouble l'albumine et la tra
albuminate de potasse.

L'origine du sucre de lait est plus douteuse. On
provient de la glycose du sang ou des albuminoïdes.
supprime la lactation, la glycose apparaît dans les u
cette glycosurie ne se montre pas si, chez les cabiais p
on extirpe les mamelles pendant l'allaitement. (De Sin

D'après les recherches de Sourdat, le lait proven
droit et le lait du sein gauche n'auraient pas la mên
tion; le premier contiendrait plus de caséine et

rapport. La section du nerf spermatique externe qui se
pis sur la chèvre n'amène aucune modification de la
n (Eckhard), et les expériences sur les nerfs intercostaux
mpathique n'ont donné aucun résultat. Cependant Aubert
uerel ont fait reparaître la sécrétion lactée par l'applica-
n courant d'induction sur la mamelle.
rétion du lait se fait sous l'influence de la succion exer-
le nouveau-né, aidée par la ...ction des fibres lisses
duits excréteurs.

f. — Sécrétion ...cée.

atière sébacée (voir page 14... ...rétée par les glandes
ne nom. Ces glandes sont ... s aux poils, sauf en
s régions (face interne du p... t couronne du gland,
les et petites lèvres) et exi... r toute la surface du
à l'exception de la paume des mains, de la plante des
lu dos des troisièmes phalanges et du gland. Ces glandes,
ites sur le type un peu modifié des glandes en grappe,
ent la matière sébacée par le mécanisme qui a été décrit
glande mammaire. Les cellules profondes des culs-de-
éteurs s'infiltrent de graisse; ces granulations graisseuses
tent peu à peu de volume, se réunissent en gouttelettes;
lles se détachent alors de la membrane propre et sont
s par les cellules nouvellement formées; plus on se
ie de l'embouchure du canal excréteur, plus les gout-
graisseuses deviennent volumineuses; la membrane et
finissent par disparaître, et la sécrétion ne consiste
rs qu'en une matière grasse mélangée de détritus épi-
Il y a donc à la fois dans cette sécrétion transforma-
isseuse du protoplasma cellulaire et desquammation
le.

g. — Sécrétion spermatique.

...étion spermatique (voir page 143) est plutôt un mode
eloppement cellulaire qu'une sécrétion véri-
... quantité de liquide qui se trouve dans les

ces spermatozoïdes ne sont, pour la plupart, mis e
dans l'épididyme et c'est à partir de ce point que, l
les dilue augmentant, ils présentent leurs mouvem
ristiques (voir: *Fécondation*). Les spermatozoïdes s
chez l'homme dans le testicule depuis la puberté ju
lesse et d'une façon continue, tandis que chez la
espèces animales ils ne se produisent qu'à l'époqu
manquent, comme l'a montré Godard, dans les c
tion du testicule dans l'abdomen (cryptorchidie).

On n'a pu jusqu'ici démontrer expérimentale
directe des nerfs sur la sécrétion du testicule; cep
phie testiculaire succède à la section du nerf sperm
ton, Obolensky).

En l'absence d'éjaculation, la sécrétion testiculair
en partie et cette résorption est vraisemblablement
riches plexus lymphatiques qui entourent les cana
nifères et qui ont été décrits par Ludwig et Tomsa.

Il a été fait très-peu de recherches sur le méc
sécrétion des liquides qui se mélangent au produ
(sécrétion des vésicules séminales, de la prostate,
de Cowper). Eckhard et Buxmann ont vu cependan
de la prostate se produire par la galvanisation de
par celle des nerfs du pénis.

h. — Sécrétion salivaire.

acini se présentent sous deux formes, qui ne sont pro- que des degrés différents de développement; les unes, *otoplasmiques*, sont granuleuses, à contours indistincts, ent la sécrétion salivaire proprement dite; les autres, *uqueuses*, sont remplies d'un contenu gélatiniforme, fortement réfringent, et paraissent être un produit de tion des premières cellules; c'est ce contenu qui cons- icine qui se trouve en si grande quantité dans la salive ines conditions, ainsi qu rpuscules gélatini- la salive sympathique; isformation gélati- es cellules protoplasmiq ›mplirait quand la restée longtemps à l'état é.

tlation dans les glandes sa ı été surtout étudiée ıde sous-maxillaire par Cl d; il remarqua que ineux qui revenait de la g it rouge vif quand sécrétait avec activité, rou au contraire pen- epos. Dans le premier cas ıté de sang qui tra- lande est plus considérabl .. ıa pression sanguine est e; c'est l'inverse dans le repos de la glande. En outre, glandulaires plongent dans des espaces lymphatiques iels les cellules des *acini* prennent les matériaux de la

fs des glandes salivaires se divisent en deux classes, asculaires et les nerfs glandulaires proprement dits.

fs *vasculaires* sont de deux espèces, et ont une action te; les uns, nerfs vaso-moteurs, provenant du grand que, produisent par leur excitation un rétrécissement s de la glande et en diminuent l'afflux sanguin; les ıi seront mentionnés plus loin, pour chaque glande dilatent les artères et font affluer le sang dans la glande *fs vaso-moteurs*).

rfs *glandulaires* agissent directement sur l'activité e des cellules glandulaires et, d'après les recherches non solument confirmées de Pflüger, se termineraient direc- ıns ces cellules. Ces fibres sont, du reste, contenues dans s troncs nerveux que les nerfs vasculaires et sont par tées en même temps qu'eux quand on excite expéri- ent le tronc nerveux. Heidenhain admet même deux glandulaires correspondantes aux deux espèces lulaires, des fibres mucipares et des fibres sécré-

dulaires. Cet acte est sous la dépendance immédiate de
lation et par conséquent des nerfs vasculaires. Ces
réglant la circulation glandulaire, règlent aussi la filtrati
suite la quantité de matériaux dont les cellules glandula
vent disposer. L'influence de la circulation sur la sécr
donc indirecte et médiate; aussi peut-on, par l'excitati
corde du tympan, produire la salivation sous-maxillai
quand la circulation est interrompue dans la glande, pa
sur une tête séparée du tronc.

L'acte essentiel constitue la sécrétion proprement di
dû à l'activité spéciale des cellules glandulaires, indépe
conséquent de la circulation, et se trouve sous l'infl
nerfs spéciaux, nerfs sécréteurs ou glandulaires. Aussi la
de la salive dans les conduits excréteurs peut-elle d
pression du sang artériel qui se rend à la glande. (Lu
même physiologiste a trouvé la température de la saliv
de Wharton plus haute de 1°,5 que celle du sang de la
Certains poisons paralysent l'activité des nerfs glandul
agir sur la circulation; c'est ainsi que l'atropine arrête
tion. (Heidenhain.)

L'origine des divers principes de la salive n'est pa
expliquée d'une façon satisfaisante pour quelques-un
eux, en particulier pour le sulfocyanure de potassium.
déjà le mode de formation de la mucine; quant à la
quoique plusieurs physiologistes, Cl. Bernard par exem
cru qu'elle n'existait que dans la salive mixte, il semble
aujourd'hui qu'elle existe en réalité dans les salives

andes salivaires; leur innervation seule diffère et peut, pour lande, se résumer de la façon suivante (voir aussi : *Inner-erfs crâniens*).

otide. — Les filets glandulaires de la parotide sont fournis par et passent par le petit pétreux superficiel et l'auriculo-tem- nerfs peuvent être excités soit directement, soit par action quand les excitations mécaniques ou chimiques portent sur ons de la langue et de la bouche innervées par le lingual; t l'irritation du bout central ne produit rien; l'ex- lu glosso-pharyngien au contr la salivation réflexe. vasculaires de la parotide robablement du grand ique.

nde sous-maxillaire (*fig.* 84). s sécréteurs viennent

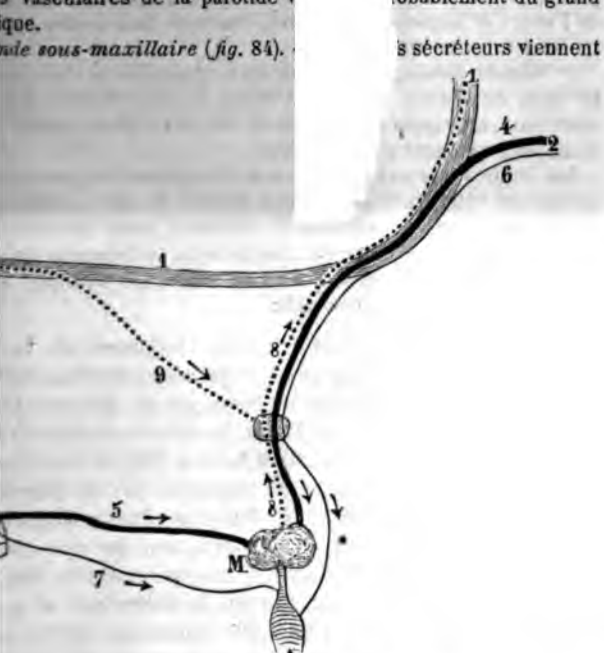


Fig. 84. — Nerfs de la glande sous-maxillaire.

par la corde du tympan (4) et du sympathique (5), et dans ces la salive a des caractères particuliers, étudiés page 148.

— 1, nerf lingual. — 2, corde du tympan. — 3, ganglion sous-maxillaire. — de la corde. — 5, fibres sécrétoires sympathiques. — 6, fibres vasculaires — 7, fibres vaso-motrices sympathiques. — 8, fibres sensitives de la riques du lingual allant au ganglion sous-maxillaire. — M, glande e de la glande. — S, plexus sympathique.

de l'artère de la glande; les autres, contenus dans le filet sy
(7), sont constricteurs.

3° *Glande sublinguale.* — Les nerfs glandulaires vienne
la corde du tympan et peuvent entrer en activité d'une fa
(excitation centripète du lingual et du glosso-pharyngien
vasculaires viennent du sympathique.

Les centres nerveux salivaires de ces différentes glande
encore été déterminés d'une façon précise. Ils ont probab
siége dans la moelle allongée (P. Grutzner), mais ils rem
tainement plus haut; j'ai vu, chez le lapin, la cautérisatio
tique de la base du cerveau dans la région du troisième
produire une salivation abondante.

L'*excrétion salivaire* se fait sous l'influence de l
exercée dans les *acini* par la salive qui est incessamme
Cette pression, très-variable du reste, est en général
et peut dépasser, comme on l'a vu, la pression sanguin
trouvé dans un cas chez le chien jusqu'à 230 millimèt
cure. Les conduits salivaires ne contenant pas de fibr
laires (sauf peut-être le canal de Wharton), l'expulsion
ne peut être influencée par la contraction de ces c
moins d'admettre, avec Ranvier, une contraction de
épithéliales qui les tapissent. Les jets de salive qui se
dans certains cas doivent plutôt être attribués, soit à l
muscles ambiants, soit à un excès momentané de pre
les voies salivaires sous l'influence d'une sécrétion très-a

Sécrétion du suc gastrique

[redacted]

sécrètent un liquide alcalin (mucus stomacal?) qui n'a pas
oir digestif. La muqueuse stomacale est acide, comme on
voir à l'aide du papier de tournesol; mais cette acidité est
pendant la vie, à la surface de la muqueuse, et la partie
e de la muqueuse reste toujours alcaline, comme on peut
ater directement. (Brücke.) Une expérience élégante de
ard, confirmée récemment par Lépine, en donne la dé-
tion; il injecte du ferrocyanure de potassium dans une
un animal et du lactate de f e autre; la coloration
de Prusse, qui n'a lieu qu milieu acide, ne se
qu'à la surface de la muq 'y a jamais d'acidité
cellules glandulaires soit les, soit profondes.
landes en tube de l'estoma ent deux espèces de
d'après les recherches de l , Rollett, etc.: 1° des
volumineuses accolées à l rane propre du tube
ire qu'elles soulèvent; ce anciennes cellules à
des auteurs (cellules de rev d'Heidenhain, cellules
phes de Rollett); 2° des ce us petites, intérieures
cédentes (cellules centrales de Heidenhain, cellules adé-
es de Rollett). Les glandes de la région pylorique ne
raient que cette seconde espèce de cellules.

écanisme de la sécrétion du suc gastrique est encore
scur. On croyait autrefois que la pepsine était formée
grosses cellules, dites à pepsine. D'après Heidenhain au
e, la pepsine serait formée dans les cellules centrales et
erait produit ou plutôt *préparé* dans les grosses cellules
tement. Cependant Wittich et quelques autres auteurs
nt toujours à ces dernières la formation de la pepsine.

f a émis sur la formation de la pepsine l'hypothèse sui-
refutée, il faut le dire, par la plupart des expérimenta-
our lui, la sécrétion de la pepsine est sous la dépendance
tances particulières, *substances peptogènes*, qui doivent
roduites dans le sang par l'absorption; telles sont, entre
la dextrine, les os, la gélatine. Quand les peptogènes
nt pas dans le sang, l'estomac peut encore sécréter un
le, mais dépourvu de pepsine et impropre à la digestion,
ue, au fur et à mesure que ces peptogènes pénètrent dans
l'estomac se *charge* peu à peu de pepsine qui apparaît
le suc gastrique. Aussi détermine-t-on la formation de
ctant une solution de dextrine dans le rectum; les

derniers temps sur la nature de l'acide libre du suc g
crois inutile de rappeler les hypothèses émises sur ce

La circulation stomacale présente des variations
dantes aux diverses phases de la sécrétion; dans l'
la muqueuse est pâle, exsangue; les veines qui en
sont rétrécies et d'une couleur foncée; au moment
tion, la muqueuse devient rosée, turgide; les veines
et remplies d'un sang rouge, presque artériel; en mêm
température de l'estomac augmente d'un degré enviro

L'influence de l'innervation est à peu près inconnue,
on n'a pu déterminer d'une façon précise, par l'expé
sur le pneumogastrique ou le sympathique, les conditi
sécrétion (voir: *Innervation*). Un fait cependant prouve
nerveuse glandulaire, c'est que, même quand l'excita
cale est localisée en un seul point, la sécrétion ne s'en
moins sur toute la surface de l'estomac, sauf du côté

k. Sécrétion du suc pancréatiq

Le suc pancréatique (voir page 161) est sécrété
créas. Le pancréas est une glande en grappe dont l
est analogue à celle des glandes salivaires.

Le mécanisme de la sécrétion pancréatique est pr
le même que pour la sécrétion salivaire; mais l'o
mode de formation des trois ferments qui donnent

stomac et modifiées ensuite dans la rate, et l'extirpation te empêcherait le suc pancréatique de digérer les albu-s; mais, pas plus que pour les peptogènes, la théorie de e peut se soutenir devant les faits.

rculation pancréatique offre les mêmes alternatives que lation des glandes salivaires; dans l'intervalle des repas de est jaune pâle, et le sang veineux a sa coloration pendant la période d'activité, c'est-à-dire 4 à 6 heures ngestion des aliments, la g st rosée et le sang qui a la couleur du sang artéri ervation du pancréas est t , mais les conditions innervation sont encore nues. L'excitation du ntral du pneumogastrique sécrétion; le vomis- (amené aussi par la même on) produit le même excitation du bout périph ou la section du nerf s influence. La section de t nerfs qui se rendent au s amène une sécrétion pr ralytique. L'excitation oelle allongée augmente la n (ou peut-être plutôt ion) pancréatique.

rétion du suc pancréatique ne présente rien de parti-Cl. Bernard l'a vue s'arrêter sous l'influence des efforts et issement.

1. — Sécrétion du suc intestinal.

c intestinal (voir page 166) est sécrété par les glandes en l'intestin. Le mécanisme de cette sécrétion n'a guère été jusqu'ici, d'autant plus qu'on n'est pas tout à fait d'accord propriétés du suc intestinal et que sa nature varie suivant cédés employés pour le recueillir.

au a vu, après la section de tous les nerfs d'une anse ale (*énervation de l'intestin*), du liquide (transsudation du sang ou sécrétion paralytique?) s'accumuler dans se intestinale.

4. — ABSORPTIONS LOCALES.

onditions générales de l'absorption ont été étudiées page part des membranes connectives et des épithéliums

L'absorption des gaz et des substances volatiles par l
incontestable. On peut empoisonner un animal en le
jusqu'au cou dans une atmosphère d'hydrogène sul
prenant soin que le gaz ne puisse pénétrer par les voi
naires. Bichat avait déjà sur lui-même observé l'abs
gaz putrides par la peau. Carpenter, dans sa *Physiologi*
augmentations de poids constatées sur des jockeys sou
traînement après un séjour dans une atmosphère sat
midité. La voie d'absorption des gaz par la peau
incertaine (surface épidermique, glandes sudoripares?).

L'absorption des liquides et des substances dissoutes
coup plus controversée. Pour l'eau et les solutions
deux causes principales s'opposent à l'absorption : 1°
sébacée qui recouvre la peau, empêche l'eau de pén
l'épaisseur de l'épiderme; ainsi, dans un bain, voit-on l
d'eau glisser sur la peau sans la mouiller, comme sur
si on n'a pas préalablement enlevé cette couche sébacé
bibition de l'épiderme se fait avec une très-grande lent
sur les parties dépourvues de glandes sébacées (paume
plante des pieds, etc.), et cette imbibition est la premi
tion de l'absorption. Aussi, l'absorption de l'eau et des
dissoutes dans l'eau ne se fait-elle qu'en très-petit
et seulement par les régions dépourvues de matière
moins que des lavages réitérés, des solutions alcalin
dissolvants appropriés (alcool, éther, chloroforme), n'ai
cette matière grasse ou qu'elle n'ait disparu avec la couc

nteux, à moins que la peau ne présente des solutions de

étration des substances solides a été constatée pour substances; par exemple, après les applications de mercurielle, on retrouve les globules de mercure, en sformés en sublimé, dans les follicules pileux et dans s sébacées et sudoripares (Neumann), et dans les cou- rmiques. Cette pénétration t favorisée par les actions s, comme le frottement.

rption par le tube digesti — L'eau, les substances tion dans l'eau, l'alcool, tc., sont absorbés dans due du tube digestif. Seu ent la rapidité de l'ab- arie suivant les substances uivant les régions. L'in- le et le gros intestin para nt absorber en général ement que l'estomac; et m , d'après quelques phy- , l'estomac chez certaines espèces animales, le che- xemple, serait réfractaire à l'absorption (Colin); on 'eau ingérée séjourne très-longtemps dans la panse du Du reste, la lenteur de l'absorption peut, dans quel- donner le change et faire supposer une non-absorp- on avait cru d'abord que le curare n'était pas absorbé mac; il l'est cependant, mais avec assez de lenteur les symptômes de l'empoisonnement ne se produisent oison étant éliminé au fur et à mesure par les urines, a empêche cette élimination par l'extirpation des reins, tion se produit. (Cl. Bernard, Hermann.) Les virus et s ne paraissent pas être absorbés par la muqueuse di- aussi peut-on impunément, si l'épiderme buccal est cer la plaie faite par la morsure d'une vipère ou d'un agé.

étration de substances solides (globules sanguins, grains , matières colorantes, etc.) par l'intestin dans les chyli- dans les capillaires sanguins a été très-agitée dans ces années, mais les expériences, quelque nombreuses oient, n'ont pas encore donné des résultats précis [1], et tenterai de les mentionner ici.

rption pulmonaire. — Les gaz et les substances vola-

Beaunis, *Anatomie générale et Physiologie du système lympha-* 71.

(charbon, silice).

4° *Absorption par les séreuses.* — Les séreuses ab
facilité, comme le prouvent les expériences physiolo
faits pathologiques. Cette absorption est favorisée pa
tions mécaniques dans lesquelles se trouvent ces
ainsi dans la plèvre, l'absorption est favorisée par
(Dybkowsky), dans le péritoine par l'expiration
Schweigger-Seidel).

Le passage de particules solides de la cavité des s
les lymphatiques a été démontré par Recklinghausen
par la plupart des expérimentateurs, pour la séreuse
Cette pénétration se ferait par des ouvertures (stom
entre les cellules endothéliales du péritoine qui recou
phrénique.

5° *Absorption par le tissu cellulaire.* — Le tis
absorbe avec une très-grande rapidité l'eau et l
aqueuses; il vient, comme vitesse d'absorption, après
respiratoire. Aussi cette propriété est-elle utilisée
en médecine dans les injections dites sous-cutané
a besoin de faire pénétrer très-rapidement un médi
le sang.

6° *Absorption vésicale.* — L'absorption vésicale
par presque tous les physiologistes, et on en voyait
dans la concentration de l'urine dans la vessie; Küss
en se basant sur ses expériences, répétées sous sa
Susini, conclut à l'imperméabilité absolue de l'épithé

5. — PHYSIOLOGIE DU FOIE.

fonction du foie comme organe sécréteur de la bile a été e avec les sécrétions (page 464). Mais le foie agit en outre ıçon d'une glande vasculaire sanguine dans la glycogénie e probablement aussi un rôle important par rapport au le sanguin et peut-être dans la formation de la graisse.

a. — G cogénie.

question de la glycogéni n'existait pas avant les travaux Bernard (1849), et pres tontes les découvertes essen- sur ce sujet (formation d ıcre dans le foie, présence de tière glycogène, action du système nerveux, etc.) sont dues ysiologiste français.

question de la glycogénie hépatique peut se résumer ainsi. ie contient une substance, substance glycogène, qui se trans- en sucre dans cet organe sous l'influence d'un ferment. Ce est versé dans le sang par les veines sus-hépatiques et oxydé es capillaires de certains organes. La substance glycogène rovenir de l'alimentation ou être fabriquée directement foie aux dépens du sang. Nous étudierons successivement: tance glycogène du foie et sa formation, la transforma- la substance glycogène en sucre, le passage de ce sucre sang, le mode et le lieu de destruction de ce sucre, itions diverses et surtout nerveuses qui influent sur ces ènes; enfin le dernier paragraphe comprendra l'étude de énie dans les tissus et dans le placenta, quoique cette se rattache qu'indirectement à la physiologie du foie.

1° *Substance glycogène du foie.*

ctères chimiques de la substance glycogène (amidon ont été donnés page 66, et le procédé d'extraction de ıce, page 177. La substance glycogène, zoamyline de rouve à l'état amorphe dans les cellules hépatiques, me l'a cru Schiff, à l'état de granulations (amidon

animal); ce fait, signalé par Rouget en 1859, l'a été d
récemment par C. Bock et A. F. Hoffmann, qui ont i
les réactions microchimiques de cette substance glyco
existe dans les cellules hépatiques, surtout dans celle
respondent aux veines sus-hépatiques, et dans ces cellu
mule surtout autour du noyau, comme le montre la
de ces cellules par l'iode (coloration rouge vineuse).

La quantité de glycogène du foie varie suivant l
animales; elle est en moyenne de 1,5 à 2 p. 100. Le ta
vant, emprunté à Mac-Donnell, donne la quantité de
du foie chez divers animaux; on a en regard le poid
de l'animal par rapport au foie en considérant le poi
comme égal à 1.

	Rapport du poids du corps à celui du foie.	Quantité po
Chien	30	4
Chat	19	
Lapin	35	:
Cabiai	21	
Rat	26	:
Hérisson	27	:
Pigeon	44	:

Le glycogène existe chez tous les animaux vertébré
tébrés. Sa quantité dans le foie atteint son maximum
heures après l'alimentation; l'inanition le diminue et le
disparaître presque complétement si elle se prolonge
tement même suivant quelques auteurs, sauf pendant
tion, où il s'accumule dans le foie. Après la mort, il
très-rapidement du foie en se transformant en glyc
pour le démontrer faut-il agir très-rapidement et arré
mentation par l'alcool ou l'ébullition. Les animaux r
d'un enduit imperméable perdent très-vite leur glyc
reparaît par la calorification artificielle.

L'origine de la substance glycogène du foie présente cert
curités. Cependant on peut la concevoir de la façon suivant
fabrique du glycogène aux dépens de l'alimentation et en
l'alimentation.

L'origine alimentaire du glycogène est aujourd'hui hors
mais à ce point de vue les divers aliments ont une influ
rente. Les hydrocarbonés, et surtout les sucres (sucre de c

, sucre de lait), augmentent la quantité de glycogène du foie, et
me ces diverses sortes d'aliments sont absorbés dans l'intestin à
de glycose, c'est en réalité cette glycose qui, apportée au foie par
eine porte, se transforme en glycogène par l'action des cellules
iques; il y a là une simple déshydratation, le glycogène étant un
dride de la glycose, comme le démontre l'équation suivante :

$$C^6H^{12}O^6 - H^2O = C^6H^{10}O^5$$
Glycose. Glycogène.

vec les formules de la page 20.

$$3C^6H^{12}O^6 - 3H^2O = C^{18}H^{30}O^{15}$$
Glycose. Glycogène.

e expérience de Cl. Bernard émontre bien cette action du foie
la glycose qui lui arrive par veine porte. Si on injecte de la
ose dans la veine jugulaire, le sucre en excès dans le sang passe
l'urine; si on l'injecte dans une branche de la veine porte (veine
ale), le sucre ne passe plus dans les urines, il est arrêté au pas-
par le foie où il est utilisé pour la fabrication du glycogène. Mais
faut pas en injecter une trop grande quantité; sans cela le foie
eut arrêter tout le sucre injecté qui *déborde* et dont l'excès se re-
ve dans les urines.

action des graisses est beaucoup plus douteuse et niée par la plu-
des observateurs; cependant Salomon a vu l'augmentation du
ogène par l'injection d'huile d'olive. La glycérine, injectée dans
estin, produit une augmentation de glycogène du foie, et on s'est
andé si le glycogène ne proviendrait pas de la glycérine formée
le dédoublement des graisses (Van Deen); mais la plupart des ex-
ences ne s'accordent pas avec cette théorie et semblent prouver
la graisse, prise seule, fait baisser les proportions d'amidon hépa-
e. En injections sous-cutanées, la glycérine reste sans influence
le glycogène du foie. (Luchsinger.)
our les aliments azotés, l'action de la gélatine est seule prouvée
e façon positive, et le doute existe encore pour les autres sub-
ces albuminoïdes; ainsi l'injection d'albumine dans l'estomac n'aug-
nte pas la quantité de glycogène hépatique; cependant Cl. Bernard,
ne et la plupart des physiologistes admettent la production de
ogène aux dépens d'une nourriture azotée. Dans ce cas, les sub-
ces albuminoïdes se dédoubleraient en substance glycogène (ou
ose) et une matière azotée (urée ?); et, en effet, on trouve dans le
une certaine proportion d'urée qui semble s'y former (voir :
tion). Outre l'origine alimentaire de la substance glyco-
..ait certain aujourd'hui que cette substance peut se former

le système artériel.

Aux dépens de quelles substances se forme, en dehors de ... tation, la substance glycogène du foie? La question est dif... soudre. La comparaison du sang apporté par la veine porte ... de la veine hépatique ne donne que des résultats peu préci... plus qu'il serait impossible de décider si les principes dis... le premier ont servi à la production du glycogène ou à la ... de la bile. Est-ce aux dépens du sang ou de la substance ... cellules hépatiques que se forme la substance glycogène? La ... hypothèse paraît plus probable, car dans un foie privé de ... lavage, on ne voit pas se former de substance glycogène; ... que dans ce cas la transformation de la substance glycogène ... est tellement rapide qu'il est difficile de dire si tout le ... formé correspond bien à la quantité de glycogène existant d... ou si une partie de ce sucre n'est pas due à une formation ... glycogène suivie de transformation glycosique immédiate.

La présence de la glycocolle dans les acides biliaires et l... tion de cette substance ont suggéré à Heynsius et Kühne ... thèse ingénieuse; la glycocolle se dédoublerait en urée et ... d'après l'équation suivante, glycose qui se transformerait ... en glycogène :

$$\underset{\text{Glycocolle.}}{4C^2H^5AzO^2} = \underset{\text{Urée.}}{2CH^4Az^2O} + \underset{\text{Glycose.}}{C^6H^{12}O^6}$$

Ces deux auteurs ont vu, en effet, l'ingestion de la glyc... menter la quantité de substance glycogène du foie en même ... l'urée augmentait aussi dans le foie et dans l'urine, et l'on ... d'hui que l'urée est un des produits de l'activité hépatique.

fluence directe sur la formation du glycogène; ils ne feraient
cher son oxydation et n'agiraient par conséquent que comme
ces très-oxydables, en détournant l'oxygène et en l'empêchant
iquer au glycogène, qui alors, grâce à leur intervention, s'ac-
ait dans le foie. Mais si cette théorie était vraie, la même
levrait être produite par toute substance facilement oxydable,
u'elle soit, graisse, acides organiques, etc., ce qui n'est pas.

2° *Sucre d ... ie.*

icre se trouve dans le foi ... l'état de glycose, et cette
se forme dans le foie lui- ... me aux dépens de la sub-
glycogène. Cette formation ... sucre dans le foie a été
rée par Cl. Bernard à l'aide ... sieurs expériences dont
importante est celle du *lav... du foie* (1855). On extrait
l'un animal qui vient d'ex... er, et on fait passer à tra-
foie par la veine porte u... courant d'eau froide; cette
lavage est d'abord sucrée, puis le sucre y diminue peu à
finit par disparaître; le foie à ce moment ne contient plus
ose; si on l'abandonne alors à lui-même, la glycose s'y
de nouveau, et on constate en même temps que la sub-
glycogène qu'il contenait disparaît graduellement. Cette
on de glycose *post mortem* dans le foie est accélérée par
ur, arrêtée par une température de 0°, ainsi que par une
ture élevée (température de l'ébullition). Les chiffres sui-
empruntés à Dalton, donnent une idée de la rapidité de
ycogénie *post mortem;* il a trouvé dans un cas les quan-
ivantes de glycose dans le foie après l'extraction de l'or-
r l'animal vivant:

Après	5 secondes	1,8	pour 1,000
—	15 minutes	6,8	—
—	1 heure	10,3	—

formation de glycose dans le foie aux dépens de la ma-
lycogène se fait-elle aussi pendant la vie? Pavy et quel-
utres physiologistes ont prétendu que ce n'était qu'un
ène cadavérique. Cependant les expériences de Cl. Ber-
onfirmées par la plupart des observateurs, ne permettent
...tre. Si, sur un chien nourri avec de la viande
e sucre, on prend du sang, avec les précautions

voulues indiquées dans les travaux de Cl. Bernard, dans porte et dans la veine sus-hépatique, on constate que porte ne contient pas de glycose, tandis que le sang de hépatiques en contient toujours une certaine quantité donc formé du sucre entre la veine porte et la veine tique, et ce sucre ne peut s'être formé que dans le foie. la constatation directe a été faite, et l'analyse d'un frag foie pris sur l'animal vivant a montré la présence du suc façon incontestable; seulement ce sucre se trouve en tr quantité, parce qu'il passe au fur et à mesure dans le veines sus-hépatiques [1].

Quel est maintenant le mécanisme de la formation aux dépens de la matière glycogène? Cette transform une fermentation véritable. Tous les ferments diastati pancréatique, salive, les tissus animaux altérés, opèr transformation. Dans le cas spécial, ce ferment existe cellules hépatiques dont il peut être extrait, même su exsangue, par les procédés d'extraction de la ptyaline. C hépatique est détruit par l'ébullition; aussi, quand on dans l'eau bouillante un fragment de foie, la transform glycogène en glycose ne se fait plus, le ferment étan mais elle recommence si on ajoute un ferment diastatiq

L'origine de ce ferment hépatique est encore dou parait venir du sang et être fixé par les cellules hépatiq où le sang le prend-il? Est-ce la ptyaline résorbée dans l Est-ce un simple produit formé au moment de la d des tissus (Lépine), ou des globules sanguins (Van Ti dernier observateur a vu en effet que les globules, *au m leur destruction*, transforment le glycogène en glycose pérature de 35°; la même chose se passerait dans les c du foie.

3° *Du sucre dans le sang.*

D'après les faits mentionnés plus haut, le foie verse i ment dans le sang une certaine quantité de glycose. La

[1] L'extirpation du foie sur les grenouilles, pratiquée par n'est pas suivie d'une accumulation de sucre dans le sang, pre foie est bien le lieu de formation de la glycose.

re dans le sang avait été déjà constatée dans le diabète
c-Grégor (1837), et dans le cas d'alimentation féculente
uchardat (1837), mais c'est Cl. Bernard qui le premier
ra la présence du sucre dans le sang indépendamment
mentation, et par conséquent sa production par l'orga-
animal (1849). Il faut donc distinguer à ce point de vue
u sang en dehors d'une alimentation sucrée et son état
t une alimentation qui fournit directement de la glycose.
le premier cas, si, par exem le, on nourrit un chien avec
ande tout à fait dépourvue e sucre, on ne trouve pas de
ans le sang de la veine po e, on en trouve dans le sang
nes hépatiques, et ce sucr ainsi fourni par le foie se
e dans la veine cave infé eure, le cœur droit, et, *en*
quantité, dans le sang artér ; puis dans le sang veineux
tient des capillaires génér ux, la quantité du sucre est
e que dans le sang artériel. Le sucre versé dans le sang
foie n'a donc pas disparu dans les capillaires du poumon,
a disparu en partie dans les capillaires généraux.
d l'alimentation fournit de la glycose absorbée dans l'in-
les conditions changent; cette glycose ainsi absorbée se
re dans la veine porte en quantité variable suivant l'ali-
ion, et quand cette alimentation sucrée ou féculente est
ondante, la proportion de sucre dans la veine porte peut
er celle qui existe dans les veines sus-hépatiques, mais la
tion de sucre dans tous les autres segments du système
aire ne varie pas et reste ce qu'elle était dans le cas pré-
. En résumé, dans la veine porte la quantité de sucre est
le et dépend de l'alimentation; dans la veine sus-hépatique
s le reste du système vasculaire, elle est constante et indé-
nte de l'alimentation. La proportion normale du sucre dans
g serait la suivante, d'après Cl. Bernard :

Homme	0,90 pour 1,000
Bœuf	1,27 —
Veau	0,99 —
Cheval	0,91 —

saignée augmente cette proportion; l'inanition l'accroît un
début, puis la diminue. La quantité de sucre du sang
te une assez grande constance; quand cette quantité dé-
--- **certaine** limite (0,4 à 0,6 p. 100), le sucre apparaît
urines, il y a glycosurie ou diabète.

Que devient la glycose ainsi introduite dans le s glycose est, comme on le sait, très-oxydable, surtout e des alcalis, et en effet, si on met en contact avec sucre interverti (mélange de glycose et de lévulose l'examine au polarimètre, on constate aisément, par l'i la déviation, la disparition graduelle de la glycose. pendant pas cette altérabilité qui rend compte de sa dans le sang, car la proportion de glycose reste se constante dans toute l'étendue du système artériel; c' trajet des capillaires que le sucre disparaît et seuleme capillaires généraux. En effet, les analyses comparati du cœur droit et du cœur gauche ont montré dans même proportion de sucre et prouvé, contre l'opini d'abord par Pavy et quelques autres physiologistes, pas de glycose oxydée dans les capillaires du pou destruction du sucre a lieu exclusivement dans les généraux, mais dans quels organes? Les recherches tendent à faire admettre que cette destruction du su surtout dans les muscles (Cl. Bernard, Tieffenbach, W le sucre formé dans le foie serait le combustible d qui l'emploieraient pendant leur contraction. Si on l'activité d'un membre en excitant le nerf de ce memb se détruit en plus grande quantité dans le sang. On loin que les muscles contiennent aussi une certaine substance glycogène; or, si on tétanise une des jan grenouille, les muscles de cette jambe contiennen moi

voit que, d'après cette théorie, le sucre du sang aurait une
ıce très-grande sur le travail musculaire et par conséquent
sur la température animale, quoique cette dernière in-
e ait été niée par Schiff, qui n'a pas trouvé d'abaissement
npérature chez les grenouilles dont le foie était dépourvu
re. Mais ce n'est pas là le seul rôle qui lui ait été attribué.
es uns, il aurait une signification histogénétique et jouerait
le dans la formation des tissus; d'autres, au contraire, y
un produit de désassimila . (Rouget.) On a prétendu
, sans preuves suffisantes, q empêchait l'infiltration du
u poumon; mais la seule th cceptable est celle qui a
posée plus haut, sans cepen t nier d'une façon absolue
histogénétique admis par es auteurs.

5° *Influence du s ème nerveux et de la cir ulation.*

Bernard a démontré, par une expérience célèbre, que la pi-
du plancher du quatrième ventricule, au niveau des origines
eumogastrique, produit un diabète temporaire (voir : *Inner-*
). D'après Dock, ce diabète ne se produirait pas chez les
ux dont le foie est dépourvu de matière glycogène à la
le l'inanition, et le même observateur a constaté que chez ces
ux l'ingestion de sucre ne fait pas reparaître le glycogène
le foie. L'interprétation de l'expérience de Cl. Bernard est
difficile. Après l'opération, les vaisseaux du foie sont dila-
gorgés de sang, de sorte que le diabète semble devoir
rapporté à des troubles de l'innervation vasculaire d'autant
que des centres vaso-moteurs se trouvent dans la même
n. Il y aurait dans ce cas paralysie vasculaire du foie. Mais
paralysie ne paraît pas due à la destruction d'un centre
moteur, puisque le diabète n'est que temporaire; il serait
dû à une excitation de nerfs vaso-dilatateurs analogues aux
de la corde du tympan qui dilatent les artères de la glande
maxillaire. (Cl. Bernard.) La section des fibres de l'anneau
eussens et la destruction du ganglion cervical inférieur et
remier ganglion thoracique produisent aussi le diabète.
ioff.) L'excitation du bout central du pneumogas-
nême résultat, tandis que l'excitation du bout péri-

La section de la moelle chez un animal à sang cha dernière cervicale et la première dorsale) fait dispar du sang et du foie, tandis que la substance glycogène en quantité considérable dans le foie.

La théorie de ces phénomènes physiologiques est à donner, et l'application qu'on a voulu faire de ces à la formation du diabète, tant artificiel que patho encore prématurée. Le cadre de ce livre ne comport sition de toutes les hypothèses qui ont été proposées

6° *Glycogénie placentaire et histolo*

La découverte de la substance glycogène dans Cl. Bernard fut bientôt suivie d'une autre découvert à cette question de la glycogénie une extension Cl. Bernard, puis Rouget, rencontrèrent en effet cett glycogène dans le placenta et successivement dans p tissus de l'embryon, muscles, poumons, épithélium d des muqueuses, etc., et cette substance glycogène di mesure que le foie augmentait de volume et d'activit qu'à la naissance on n'en trouvait guère plus qu muscles.

Après la naissance, l'existence de la matière gly constatée dans les muscles, ce qui s'accorde avec la th plus haut au sujet de la destruction de la glycose: e

et de considérer la substance glycogène ou zoamyline, à ;on de Rouget, comme une partie essentielle des tissus iux, au même titre que la graisse et les albuminoïdes, et it des tissus en voie de formation. Mais cette conception ale n'atteint en rien, comme on l'a prétendu, la fonction génique du foie telle que l'avait comprise Cl. Bernard, et le 'en reste pas moins le foyer par excellence de la fabrication substance glycogène et de la glycose.

b. — Autres fon ns du foie.

re le rôle du foie dans la sé ion biliaire et dans la gly-ie, on a attribué à cet org fonctions très-diverses, que je laisserai de côté pour parler que de deux théories appuient sur des faits physiologiques.

Du foie comme organe producteur de graisse. — Le foie omme le prouvent les faits pathologiques, très-sujet à la érescence graisseuse, et les cellules hépatiques ont une de toute spéciale à se charger de graisse dans certaines tions même physiologiques; dans ces cas, l'infiltration grais- débute en général par les cellules périphériques du lobule, à-dire les plus rapprochées des rameaux de la veine porte. production de graisse dans le foie paraît se faire dans des itions qui la rattacheraient intimement à la glycogénie. En d'après Tschérinoff, la matière glycogène donnerait nais- non-seulement à de la glycose, mais encore à de la graisse. graisse serait très-oxydable, comme celle qu'on rencontre l'huile de foie de morue par exemple, et épargnerait par quent une certaine quantité d'oxygène ou mieux diminuerait soin d'oxygène de la respiration. Il y aurait donc sous ce ort, et c'est ce qui existe en réalité, balancement entre le et le poumon. Partout où la respiration est peu active ryon, poissons) le foie est très-volumineux; c'est l'inverse les conditions contraires; ainsi les oiseaux ont une respi- n très-active et le foie très-petit. (Neumann.)

Du foie comme organe hématopoiétique. — On a attribué au un double rôle dans la constitution des globules sanguins; il les uns, formateur, pour les autres destructeur, enfin nes physiologistes il aurait à la fois les deux rôles.

Il est très-probable, en premier lieu, qu'il y a da
destruction des globules rouges. En effet, la bilirubine
l'hémoglobine en perdant du fer (voir: *Désassimilat*
globules sanguins rencontrent dans les acides biliai
forment dans le foie des agents de destruction; enfin N
injectant une solution d'hémoglobine dans la veine p
cette hémoglobine se transformer en bilirubine. D'a
Lehmann, en s'appuyant surtout sur les caractères de
sanguins et leur proportion dans le sang de la vei
dans le sang des veines sus-hépatiques, a cru pouvoir
la formation dans le foie de globules rouges; les glo
les veines hépatiques seraient plus petits, plus sphériq
résistants à l'eau, en un mot auraient des caractères p
Mais les recherches ne sont pas assez précises pour qu
en tirer une conclusion positive. Cependant si on réflé
fer perdu par l'hémoglobine pour se transformer en
doit se retrouver quelque part et qu'il ne se rencontre
tissu hépatique, ni dans la bile (qui n'en renferme que
tités infinitésimales), on est porté à admettre que
repris pour entrer dans la constitution des globules s
nouvelle formation.

6. — PHYSIOLOGIE DES GLANDES VASCULAIRES SANGU

La physiologie de ces organes est encore très-obscu
dant un lien étroit les rattache tous entre eux, c'est qu
un rôle essentiel dans la formation des globules blanc

Tous ces organes peuvent être considérés comme d
plus ou moins perfectionnés du tissu connectif, tel qu
comprendre d'après les données modernes (voir page 2
structure générale se réduit en dernière analyse à d
connectives dont les mailles, infiltrées de globules b
constituées par du tissu réticulé et s'abouchent avec l
des capillaires lymphatiques. Si l'on suit la série prog
modifications anatomiques que ces organes présen
perfectionnant, on trouve d'abord le degré le plus
qu'on peut appeler l'*infiltration lymphoïde diffuse*, da
le tissu connectif réticulé s'infiltre de globules blan
dans la muqueuse intestinale; dans un degré plus ava

ion lymphoïde est *circonscrite*, elle se dégage du tissu ambiant orme une petite granulation arrondie ou *follicule clos*; tels t les corpuscules de Malpighi de la rate. Mais ces follicules s ne restent pas ainsi isolés; ils se réunissent, ils s'*agminent* masses plus ou moins volumineuses, comme dans les *plaques Payer* de l'intestin. Enfin, dans un degré de développement érieur, ils constituent de véritables organes, *amygdales*, ndes *lymphatiques*, *thymus*, etc., pour trouver en dernier , dans la *rate* (¹) qui occupe met de la série, leur maxim de développement, (Voir : ır ce sujet, Beaunis et Bourd, *Anatomie*, 2ᵉ édit., p. 89

L'élément caractéristique de :es organes, leur produit mmun, c'est le globule blanc, ,n mode de formation n'est encore bien éclairci au p vue histologique, il n'y a aujourd'hui de doute sur l le sa formation.

l est probable qu'il faut sép cette catégorie d'organes phoïdes un certain nombre ganes rangés habituellement mi les glandes vasculaires sanguines. La glande thyroïde, par mple, paraît avoir des rapports intimes avec la circulation ébrale et n'être autre chose qu'un diverticulum de cette culation. D'autre part, les capsules surrénales et la glande pituire semblent, par leurs connexions et leur mode de développent, se rattacher surtout au système nerveux du grand sympaque. Enfin, il est encore quelques petits organes, glande ccygienne, ganglion intercarotidien, dont la fonction est encore léterminée.

On n'étudiera donc dans ce chapitre que les organes lymoïdes, glandes lymphatiques, thymus, rate, etc., en rapport ec la production des globules blancs.

1° *Physiologie des organes lymphoïdes.*

Les organes lymphoïdes (infiltration lymphoïde, follicules clos, ndes lymphatiques, etc.) ont pour rôle essentiel la formation globules blancs. Ces globules blancs, formés dans les mailles tissu réticulé par un mécanisme encore inconnu, sont versés

---

des sauriens et des reptiles représente la transition entre les phatiques et la rate des vertébrés supérieurs.

dans les radicules lymphatiques et passent de là dans le
sanguin. Il est possible cependant que des globules blan
formés en dehors de ces organes lymphoïdes et dans les
mêmes du tissu connectif, ce qui se comprend facilemen
réfléchit que les organes lymphoïdes ne sont, comme
plus haut, qu'une transformation du tissu connectif réti
tissu connectif, sous une influence particulière, une irrit
exemple, prolifère, et le produit de cette prolifération
formation de globules blancs, une infiltration lymphoïde
Aussi peut-on trouver des globules blancs dans la lymp
même que cette lymphe ait traversé un ganglion.

Des recherches récentes de Cohnheim, confirmées p
coup d'observateurs, infirmées par d'autres et en partic
Cohnheim lui-même qui est revenu sur ses premières a
tendraient à faire admettre que les globules blancs trou
les lacunes connectives et quelquefois en si grande
comme dans l'inflammation, proviennent des globules
sang qui auraient traversé la membrane des capillaires
Cette migration des globules blancs (et des globules
travers la paroi des vaisseaux a donné lieu à de no
controverses qui ne sont pas encore terminées aujou
pour lesquelles je renvoie aux traités d'histologie et d
pathologiques et aux mémoires spéciaux.

Les fonctions du *thymus* paraissent identiques à
ganglions lymphatiques.

2° *Physiologie de la rate.*

L'étude anatomique de la rate donne des indications
pour sa physiologie; l'identité des corpuscules de M
des follicules clos révèle *à priori* son rôle d'organe
de globules blancs, rôle confirmé par les faits physiolo
pathologiques. Mais cette fonction n'est pas la seule qu'
attribuer à la rate, et son intervention dans les phéno
nutrition et en particulier dans l'hématopoïèse, paraît
plexe que celle des organes lymphoïdes proprement dit

Le volume de la rate éprouve des modifications tr
qui correspondent à l'activité circulatoire de l'organe
innervation. Il présente en effet, à ce double point de

n sur laquelle Vulpian a insisté; le volume de la rate e deux conditions antagonistes: 1° la pression du sang ère splénique, pression qui distend les mailles de la a contraction tonique des fibres lisses des trabécules qui trécir ces mailles; si on détruit le plexus nerveux qui 'artère, on paralyse les fibres lisses des trabécules et la late sous l'influence de la pression sanguine qui n'est librée par la contraction des fibres lisses; si on lie l'ar-espectant le plexus, le gonflement de la rate ne se as (Bochefontaine); si on l … la fois le plexus et l'ar-ite se gonfle par reflux vei…ux. (A. Moreau.) Ces varia-volume de la rate corresp… ront donc aux variations ulation abdominale, et tout …es fois que cette circula-activée (digestion, course …tc.) la rate en ressentira tout autre organe le contre-coup.

: n'est pas seulement très-dilatable, elle est contractile. *tractilité* de la rate, encore controversée chez l'homme, testable chez les animaux, où elle a été constatée direc-Defermon.) Cette contractilité, comme l'ont montré les es de Cl. Bernard, Schiff, Tarchanoff, Bochefontaine, est luence de l'innervation. L'excitation du plexus splénique, ion cœliaque, du grand splanchnique, du grand sym-droit, de la partie supérieure de la moelle épinière, du roduisent sa contraction par action directe. Cette con-se fait encore par action réflexe si on excite le bout lu pneumogastrique ou des nerfs sensitifs (ischiatique, Le vomissement, la nausée produisent le même résultat. ne, la strychnine, le camphre, l'eucalyptus, sont encore stricteurs de la rate. La contraction de la rate chasse ent le sang des veines spléniques, qui sont intimement tes au tissu trabéculaire. (Fick.)

ids de la rate augmente au moment de la digestion; ld, dans ses expériences sur des lapins, a trouvé que le m du poids de la rate se présentait cinq heures après le

le comparée du sang de l'artère et de la veine, et celle de splénique, ont donné des résultats intéressants pour la gie de cet organe. La pulpe splénique contient des élé-e plusieurs sortes :

s globules blancs;

contact avec ces globules blancs (voir page 210).

Le sang de la veine splénique contient plus de glob
que le sang de l'artère; il est aussi moins coagulabl
d'après Béclard et Gray, il renferme plus de fibrine, f
Funke. Estor et Saint-Pierre y ont trouvé moitié moins
pendant la digestion que pendant le jeûne.

L'*extirpation de la rate*, faite plusieurs fois avec s
l'homme et qui réussit très-bien chez les animaux, ne
de résultats très-nets au point de vue de la physiolog
a pas lieu de s'en étonner, puisque les autres organes l
peuvent dans ce cas la suppléer dans la formation d
blancs. L'hypertrophie des ganglions lymphatiques s'e
dans quelques cas; l'excrétion de l'urée augmente (F
la proportion des principes solides du sang diminu
querel et Rodier) ainsi que la quantité de fer (Maggior
en tout cas, un fait certain, c'est que la santé généra
pas atteinte et que les animaux se retrouvent très-vi
mêmes conditions qu'avant l'opération.

On avait cru remarquer une régénération de la rate
extirpation (Philipeaux); mais, d'après les expérienc
rani, il est probable que cette régénération ne se p
quand l'extirpation a été incomplète ([1]).

([1]) Dans un cas d'extirpation incomplète de la rate sur une l
le fragment de rate laissé dans l'abdomen (le huitième envir
normale) ne s'était pas régénéré au bout de cinq mois et demi
trouvai à sa place un petit corps blanc-jaunâtre de la grosseu

es données précédentes permettent donc de considérer la
ation des globules blancs comme la fonction essentielle de
te; aussi dans certaines affections, quand son activité est
érée, voit-on les globules blancs s'accumuler dans le sang
émie). Tarchanoff a constaté cette leucémie quatre jours
s la destruction de tous les nerfs de la rate.
parait se faire en outre dans la rate une *formation de glo-
s rouges*, ou plutôt la transformation des globules blancs en
ules rouges parait s'effectuer dans cet organe d'une façon
ou moins complète (Schön Kölliker, Funke). C'est du
s ce qu'on est en droit de re de l'existence dans la
e splénique des formes de tr n, mentionnées plus haut,
e les globules blancs et les g s rouges.
aucoup de physiologistes, K r, Ecker, Béclard, etc., ont
is aussi que la rate était un l ne *destruction des globules*
es. Cette opinion s'appuie s t sur les formes cellulaires
culières qu'on rencontre da pulpe splénique, globules
es plus ou moins altérés en nes dans des globules amœ-
es, globules rouges libres altérés ou fragments de globules:
difficile, sur ces simples données, d'affirmer cette destruc-
de globules sans qu'on puisse cependant la nier d'une façon
lue. Des recherches plus précises permettront seules de
der la question.
e rôle probable de la rate dans la *réserve organique des
minoïdes* a été déjà mentionné page 241.
ant aux autres hypothèses faites sur les fonctions de la rate,
ne s'appuient pas sur des faits physiologiques assez positifs
r qu'il soit nécessaire d'en parler. Je ne ferai que rappeler la
rie de Schiff sur l'influence de la rate sur la digestion pan-
ique; d'après cet auteur, après l'extirpation de la rate, le
créas aurait perdu le pouvoir de digérer les albuminoïdes,
rtion complétement démentie par les faits.

---

leux et déformés par la pression réciproque. Il est probable que les
ules blancs formés dans le fragment de rate resté dans l'abdomen, ne
vant plus être entraînés par la circulation, s'étaient accumulés pendant
le réticulum de la pulpe splénique se résorbait. L'appendice cœcal,
che, comme on sait, chez le lapin en follicules clos, était conges-
é, très-vascularisé et pourvu de deux glandes lymphatiques qui lui
t intimement accolées. Le sang, le foie et les autres organes n'of-
t rien de particulier. L'animal était bien nourri et très-gras. Cette
a mit bas, 26 jours après l'opération, quatre petits à terme dont trois
médiatement.

Outre ses fonctions nutritives, la rate joue encore l
diverticulum pour la circulation abdominale et en
pour la circulation du foie et de l'estomac. (Gray, Do
get, etc.)

La *moelle osseuse*, d'après des recherches récentes
Bizzozero, Hoyer), se rapprocherait beaucoup de la ra
rait aussi à la formation des globules blancs et à le
mation en globules rouges. On y rencontre une gran
de globules blancs et les mêmes formes de transitio
la pulpe splénique.

7. — STATIQUE DE LA NUTRITION.

On peut, en donnant à un animal une quantité
d'aliments, compenser exactement les pertes de l'orga
a alors équilibre parfait entre les entrées et les sorti
gain et la perte. Chez l'homme, ce cas ne peut guère
expérimentalement, mais on peut très-bien le concevo
de vue théorique et l'on a pu ainsi, en se basant sur l
physiologiques, établir pour l'organisme humain da
ditions moyennes le bilan exact de la recette et de l
C'est ce bilan que présentent, pour 24 heures, les deu
suivants empruntés à Vierordt. Le premier tableau
grammes le chiffre des différents aliments introduits
ganisme et de l'oxygène inspiré. Le second tableau
pertes de l'organisme par les poumons, la peau, l'u
excréments.

I. — ENTRÉES.

	Total.	Carbone.	Hydrogène.	Azote.
Oxygène inspiré. . . .	744,1	—	—	—
Albuminoïdes.	120	64,18	8,60	18,88
Graisses.	90	70,20	10,26	—
Amidon.	330	146,82	20,33	—
Eau.	2818	—	—	—
Sels	32	—	—	—
	4134,1	281,20	39,19	18,88

II. — SORTIES ([1]).

	Total.	Eau.	Carbone.	Hydrogène.	Azote.	Oxygène.	Sels.
. . .	1229,9	330	248,8	—	?	651,15	—
. . .	669,8	660	2,6	—	—	7,2	—
. . .	1766,0	1700	[illegible]	{ 2,3 { 1,0	{ 15,8 { —	{ 9,1 { 2,0	26
. . .	172,0	128	2[illegible]	3,0	3,0	12,0	6
ns l'or- . . .	296,3	—	—	32,89	—	263,41	—
	4134	2818	281[illegible]	39,19	18,8	944,86	32

oit, d'après le tableau des e[illegible]es, que dans l'alimentation ncipes azotés sont aux prin[illegible]s non azotés dans le rap- 1 à 3 ½.

apport est en effet à peu près conservé dans les rations taires employées pour les adultes dans les différents pays. econd tableau montre que la respiration élimine 32 p. 100, 17 p. 100, l'urine 46,5 p. 100, les fèces 4,5 p. 100 en- le la totalité des produits éliminés.

art que prennent les différents organes et les différents le l'organisme dans les phénomènes de nutrition n'a pu être faite d'une façon satisfaisante, et il a été jusqu'ici ible de dresser pour chaque organe comme on l'a fait organisme entier, le bilan de la recette et de la dépense, ent dit la statique de la nutrition; on sait seulement tte nutrition est plus active dans certains organes que autres sans qu'on puisse cependant la formuler en chiffres

t être important pour l'étude des actes nutritifs dans les diffé- ganes de connaître le poids des organes et des tissus les plus ts du corps; voici ces poids, en grammes, d'après les recher- Krause et E. Bischoff :

[1] chiffres supérieurs placés entre accolades sur la ligne de l'urine t aux éléments des principes azotés, les chiffres inférieurs, aux principes non azotés. Les 296gr,3 d'eau formés dans l'orga- comptés à part pour faciliter la comparaison de l'eau in- l'alimentation et de l'eau éliminée.

Muscles et tendons. . . .	35,158gr	Vessie et pénis . . .	
Squelette frais	9,753	Pancréas.	
Peau et tissu adipeux. . .	7,404	Langue avec ses muscl	
Sang	5,000	Larynx, trachée et bronc	
Foie	1,856	Œsophage	
Cerveau.	1,430	Parotides.	
Poumons	1,200	Moelle épinière . . .	
Intestin grêle.	780	Testicules	
Gros intestin	480	Glandes sous-maxillair	
Gros vaisseaux	361	Prostate	
Reins.	292	Yeux	
Cœur.	292	Glande thyroïde . . .	
Troncs nerveux.	290	Capsules surrénales .	
Rate	246	Thymus	
Estomac.	202	Glandes sublinguales .	

Il est très-rare que l'égalité indiquée plus haut exi entrées et les sorties, de sorte qu'en réalité, même c qui a atteint sa croissance, le corps ne peut se maint *statu quo* et subit continuellement des variations, s soit en moins, variations qui cependant, dans les con males, ne sont jamais assez considérables pour qu augmente ou diminue d'une quantité notable. Les v cet équilibre entre les entrées et les sorties peuve aux premières soit aux secondes. Si l'apport alimentai sans que cette augmentation soit compensée par une correspondante, le poids du corps augmentera et il proportionnellement à l'excès de la recette sur la dé contraire l'élimination s'accroît sans que la dépense par une introduction suffisante d'aliments, l'organis son poids et cette perte est en rapport avec le degré existe entre les sorties et les entrées.

Enfin les variations, soit dans les entrées, soit dan peuvent porter non pas seulement sur la totalité des les composent, mais exclusivement sur quelques-uns duits. Ainsi, par exemple, il pourra y avoir priv d'aliments comme dans l'inanition absolue, ou bien o lieu de priver un animal de toute alimentation, retra ment dans sa nourriture certains principes, tels que noïdes, les sels, etc., en y conservant tous les autre duira dans ce cas des troubles particuliers aussi i étudier pour le physiologiste que pour le médecin.

n sera de même pour les produits d'élimination; quoique ne puissions agir que d'une manière très-incomplète sur ination des produits de déchet comparativement avec la té que nous avons de varier l'alimentation, nous pouvons ndant, dans de certaines limites, diminuer ou augmenter l'in-é des diverses excrétions et arriver ainsi à des résultats iologiques importants.

A. — INFLUENCE DE L'ALIME ATION SUR LA NUTRITION.

1° *Ina ition.*

ns l'inanition (privation at olue d'aliments), la substance organisme se détruit peu à peu; la désassimilation continue faire dans les tissus et les organes et, pour réparer ces es, ceux-ci ne peuvent s'adresser qu'au milieu intérieur, au ; mais le sang cesse bientôt, faute d'alimentation, de fournir tissus les principes nécessaires à leur réparation. Il arrive donc moment où il n'y a plus que désassimilation sans assimilation respondante; à partir de ce moment, les organes et les tissus dent de leur poids, seulement cette perte de poids n'est pas la ne pour les divers organes; elle se fait très-rapidement pour x dans lesquels la nutrition est très-active, beaucoup moins pour ceux où la nutrition est très-lente. Cependant, deux es conditions interviennent encore : d'une part, la nature chi-ue même du tissu; d'autre part, la nature des principes répara-s que le tissu doit prendre dans le sang. Ainsi la graisse, sub-ce très-oxydable, disparaît la première dans l'organisme, d'au-plus que la faible proportion de graisse contenue dans le sang loin de suffire à une réparation même incomplète du tissu eux. Les substances albuminoïdes, au contraire, perdront ns rapidement de leur poids, tant à cause de leur désassimi-on plus lente qu'à cause de la provision d'albumine qu'ils vent dans le sérum sanguin. Le sang sera donc le premier int dans l'inanition; pourtant, à cause de sa fixité de compo-n, les proportions de ses divers principes constituants ne autant qu'on pourrait le supposer au premier abord. le quantité, se concentre, perd de son albumine, tandis ntité relative de globules rouges et de fibrine ne varie

pas sensiblement; mais il y a diminution absolue du nom
globules rouges. Parmi les organes et les tissus, ceux qui
siége de la réserve organique (voir page 341) sont attei
bord par l'inanition; puis, quand cette réserve a dispa
autres organes diminuent à leur tour. Les deux tableaux s
empruntés à Chossat et à Voit, donnent la perte de poi
cent subie par les différents organes à la fin de l'inanition

	Chossat.	Voit.
	—	—
Graisse	93,3	97,0
Sang	75,0	27,0
Rate	71,4	66,7
Pancréas	64,1	50,0
Foie	52,0	53,7
Cœur	44,8	32,6
Muscles	42,3	30,5
Reins	31,9	25,9
Os	16,7	13,9
Centres nerveux	1,9	9,2

En même temps, les sécrétions diminuent de quantité viennent plus concentrées; l'urine est fortement acide chez les herbivores, et la proportion de l'urée baisse d'abo puis plus lentement, jusqu'à la mort. Les échanges gazeu ratoires sont moins intenses, la proportion d'acide carl expiré devient plus faible ainsi que l'absorption d'oxygè lement, les oxydations dans l'organisme portant alors sur la graisse, une partie de l'oxygène absorbé ne se retro sous forme d'acide carbonique. Ces troubles de la nutriti compagnent de troubles correspondants dans la produ forces vives; la température s'abaisse et cet abaisseme d'après Chossat, de 0,3 degré par jour pour les animau chaud; l'activité musculaire perd peu à peu de son én cette faiblesse générale atteint bientôt le cœur et les mus pirateurs; les respirations sont plus rares, le pouls faible fréquent. L'innervation, et surtout l'innervation cérébral le moins atteinte; c'est, du moins, ce qui semble résult fait que les fonctions intellectuelles s'exercent presque j mort et que le cerveau est de tous les organes celui qui moins de son poids. La mort dans l'inanition arrive au b temps variable, suivant les espèces animales et les co

·lles ; chez l'homme, les chiffres donnés sont très-diffé-
il est difficile de préciser une moyenne : on cite des cas
uels la vie s'est prolongée jusqu'à trois semaines. Chez
ıx et les petits mammifères la mort arrive, en général,
le neuf jours ; elle est plus rapide chez les jeunes ani-
d'autant plus lente que le corps est plus riche en graisse.
animaux à sang froid, l'inanition peut être supportée
plus longtemps : ainsi, d grenouilles peuvent vivre
euf mois sans nourriture (
t rapprocher de l'inanitio es phénomènes d'*hiberna-*
dant l'hibernation, qui pe durer jusqu'à 163 jours,
ne prend aucune nourritur t il est intéressant de rap-
les chiffres donnés plus ha les chiffres ci-dessous, qui
, d'après Valentin, la perte de poids pour cent subie
fférents organes à la fin de l'hibernation (marmotte).

Graisse	99,31
Glande d'hibernation	68,78
Foie	58,74
Muscles	30,00
Os	11,69

es reins et le cerveau la perte était presque insensible.

2° *Alimentation insuffisante.*

ntation peut être insuffisante de deux façons : ou bien
contenir tous les aliments simples indispensables pour
on de l'individu (eau, sels, albuminoïdes, hydrocarbonés
s), mais en quantité trop faible, ou bien l'un ou l'autre de
nts simples peut manquer complétement.
e premier cas (*inanitiation*), les phénomènes se rap-

imaux à sang froid présentent, du reste, au point de vue de la
de leurs propriétés de tissu, une vitalité beaucoup plus grande
es animaux à sang chaud. On a vu déjà que l'irritabilité mus-
xcitabilité nerveuse subsistaient chez eux longtemps après la
xpérience curieuse de Cohnheim démontre d'une manière
tte ténacité des propriétés vitales. Il injecte dans le système
d'une grenouille une solution de chlorure de sodium à 0,75
que tout le sang de l'animal ait été entraîné par l'injec-
ste plus dans les vaisseaux que la solution saline ; cette
ntinue à vivre pendant plusieurs jours comme une gre-
ale.

prochent beaucoup de ceux de l'inanition proprement
lement, leur intensité et leur rapidité d'apparition sont
avec la quantité du déficit alimentaire. Cette inanition
même se prolonger presque indéfiniment sans que la
soit la terminaison nécessaire, si, comme dans la misèr
portion d'aliments, insuffisante pour développer dans sa
l'activité vitale, suffit cependant pour entretenir l'existe
le second cas, quand un des aliments simples mentio
haut vient à manquer complétement, et le cas ne se réa
que dans des recherches expérimentales, il survient d
mènes particuliers qui ont été étudiés par plusieurs
gistes et surtout par Pettenkofer et Voit, phénomènes qu
des indications précieuses sur les actes intimes de la n

1° *Privation d'eau dans l'alimentation.* — La privati
d'eau (boissons et eau des aliments solides) dans l'ali
d'un animal équivaut bientôt à une inanition complète;
tions ne tardent pas à s'arrêter, spécialement la sécréti
l'élimination par la peau et les poumons paraît aussi
enfin la mort arrive avec des accidents qui ont ét
page 359.

2° *Privation de sels dans l'alimentation.* — La pri
solue de sels dans l'alimentation amène des troubles
dans l'organisme, troubles dont il a déjà été parlé da
pitre des aliments (p. 360). Quand la suppression, au lie
sur l'ensemble des principes minéraux, porte sur un
principes (chlorure de sodium, potasse, etc.), les accide
suivant le rôle alimentaire de chacun d'eux (voir p. 36

3° *Privation d'albuminoïdes dans l'alimentation.* —
riture composée exclusivement de graisse ou d'hydroc
l'exclusion de tout principe azoté, ne peut suffire longt
entretenir l'existence. Le fait le plus important, dans c
la diminution de l'urée, diminution plus marquée enco
hydrocarbonés qu'avec la graisse. Cette diminution
non-seulement à l'absence d'aliments azotés, mais en
désassimilation moins active des substances albumi
l'organisme; en effet, la quantité d'urée excrétée est
qu'elle ne le serait dans l'inanition pure et simple;
introduite par l'alimentation a donc détourné à sou
partie des oxydations internes et épargné d'autant la
tion des principes azotés de l'organisme.

' Privation d'aliments non azotés. — Chez les herbivores et omnivores, les aliments azotés, ingérés seuls et à l'exclusion hydrocarbonés et des graisses, ne peuvent suffire à l'existence, rs organes digestifs n'étant pas disposés pour digérer et ab-ber la quantité d'albuminoïdes nécessaires pour l'entretien de vie. Mais chez les carnivores il n'en est plus de même, et les uminoïdes, à eux seuls, peuvent suffire, au moins pendant un tain temps, à condition qu'ils gèrent des quantités consi-rables. Ainsi Pettenkofer et nt pu maintenir un chien 30 à 35 kilogrammes dans l *u quo* pendant 49 jours, en donnant par jour 1,500 gra le viande (dégraissée).

Dans ces conditions, la qua 'urée excrétée dépend de alimentation, et tout l'azote viande ingérée se retrouve forme d'urée dans l'urine.

Quand on augmente encore tion de viande, il arrive un oment où l'animal engraisse ; l'azote de l'alimentation re-ait bien dans l'urine à l'éta. ..rée, mais il n'en est pas de ème du carbone qui ne se retrouve pas intégralement dans urine et dans les produits de l'expiration : une partie du carbone géré a donc servi à la formation de la graisse.

Le tableau suivant donne une idée des recherches de Bischoff et Voit ce sujet et montre à quelles proportions peut monter, dans ces con-ions, la production de l'urée. Les expériences ont été faites sur un ien : les chiffres donnent les quantités en grammes pour vingt-quatre ures :

Viande ingérée.	Eau ingérée.	Quantité d'urine.	Quantité d'urée.	Changement de poids du corps.
0	185	194	12 — 15	— 462
176	0	266	26,8	— 405
300	0	318	32,6	— 335
600	0	457	49,0	— 206
900	0	643	67,8	— 126
1,200	0	819	88,6	— 12
1,500	0	996	109,0	—
1,800	198	1,150	106,5	+ 18
2,000	84	1,304	130,7	+ 142
2,200	0	1,411	154,8	+ 122
,500	270	1,799	172,7	+ 284
,660	0	1,677	181,4	+ 210
2,900	0	1,540	175,6	+ 440

On a souvent discuté la question de savoir si tout l'azote
tation se retrouvait dans les excréments et dans l'urine, ou si
partie de cet azote manquait dans ces produits d'éliminatio
dernier cas, le *déficit d'azote* se retrouverait, soit dans les p
l'expiration, soit dans la sueur et, dans certains cas, tiendrait
à l'imperfection dans les moyens de recueillir l'urine et le
question n'est pas encore tout à fait tranchée. Ce qu'il y a
c'est que les chiffres donnés par Boussingault pour ce dé
étaient trop forts et qu'il ne dépasse guère 2 à 5 p. 100.

Parmi les substances albuminoïdes, il en est une, la gélati
valeur alimentaire a été très-controversée. Cependant, il est
jourd'hui que, *donnée seule*, elle ne peut suffire pour entret
tence et ne peut suppléer les autres principes azotés; mais
employée conjointement avec d'autres albuminoïdes, elle p
en diminuant la proportion de ces derniers, d'arriver au mê
Ainsi, dans les expériences de C. Voit, un chien qui, avec un
500 grammes de viande et 200 grammes de lard par jo
136 grammes de son poids, n'en perdait plus que 84 pour
composé de 300 grammes de viande, 200 grammes de lard et
mes de gélatine, et n'en perdait plus que 32 si l'on ajoutait 20
de gélatine au lieu de 100.

3° *Alimentation mixte.*

1° *Albuminoïdes et graisse.* — On a vu plus haut
donne à un carnivore une alimentation exclusivement
en faut une quantité considérable par jour ($^1/_{25}$ à $^1/_{30}$ du
l'animal) pour qu'il se maintienne dans le *statu qu*
quantité encore plus considérable pour qu'il engrais
contraire, on ajoute de la graisse à l'alimentation. l
résultats peuvent être obtenus avec une quantité troi
fois plus petite d'albuminoïdes.

Le tableau suivant donne un résumé des recherches de V
tenkofer sur cette question. Les expériences ont été faites s
de 30 kilogrammes environ. Les deux premières colonnes d
quantités de viande et de graisses ingérées par jour; la t
quantité d'albuminoïdes (de l'alimentation et de l'organism
par la désassimilation nutritive; la quatrième la quantité d'alb
gagnée (+) ou perdue (—) par le corps; la cinquième la q
graisse détruite; la sixième la quantité de graisse gagnée (+

par l'organisme. Toutes ces quantités sont évaluées en
:

II. Graisse ingérée.	III. Albumine détruite.	IV. Albumine du corps.	V. Graisse détruite.	VI. Graisse du corps.
200	449,7	— 49,7	159,4	+ 40,6
100	491,2	+ 8,8	66,0	+ 34,0
200	517,4	— 17,4	109,2	+ 90,8
350	635,0	+ 165,0	135,7	+ 214,3
30	1,457,2	+ 42,8	0	+ 32,4
60	1,500,6	— 0,6	20,6	+ 39,4
100	1,402,2	+ 97,8	8,8	+ 91,1
150	1,455,1	+ 44,8	14,3	+ 135,7

ction seule de ce tableau montre de suite quelle influence de graisse à l'alimentation azo e exerce sur la désassimilation inoïdes et de la graisse et sur e gain de l'organisme par rap- deux ordres de substances. Quant à l'interprétation théorique tats obtenus, elle est encore trop incertaine pour pouvoir être ci, et je ne puis que renvoyer aux mémoires originaux.

constant dans l'addition de graisse à l'alimentation azotée, minution de l'urée. Cette diminution est très-sensible dans le uivant que Vierordt tire des expériences de Bischoff, Voit et er, tableau qu'on peut rapprocher de celui de la page 507. Les sont évaluées en grammes :

Viande ingérée.	Graisse ingérée.	Urée en 24 heures.	Changements de poids du corps.
150	250	15,6	— 16
400	200	31,3	—
500	250	31,7	+ 148
800	350	45,1	—
1,000	250	60,7	+ 218
1,500	250	98,3	+ 294
1,800	250	120,7	+ 245
1,800	350	93,0	—
2,000	350	135,7	—

uminoïdes et hydrocarbonés. — L'addition d'hydrocar- nidon, sucre, etc.) à l'alimentation azotée a des effets les, sur certains points, à ceux que produit l'addition de . La désassimilation des substances azotées est enrayée, celle de la graisse de l'organisme, et la production de se d'une façon plus marquée qu'avec la graisse.

Le tableau suivant, comparable à celui qui a été dressé pour l minoïdes et la graisse, donne les résultats obtenus par Pett et Voit:

I. Viande ingérée.	II. Hydro-carbonés ingérés.	III. Albumine détruite.	IV. Albumine du corps.	V. Graisse détruite.	VI. Graisse du corps.
—	—	—	—	—	—
400	250	436	— 36	18	— 8
400	250	393	+ 7	25	— 25
400	400	413	— 13	—	+ 45
500	200	568	— 68	—	+ 25
500	200	537	— 37	—	+ 16
500	200	530	— 30	—	+ 14
800	450	608	+ 182	—	+ 69
1,500	200	1,475	+ 25	—	+ 47
1,800	450	1,469	+ 331	—	+ 122
2,500	0	2,512	+ 12	—	+ 57

4° *Alimentation exagérée.*

Il y a alimentation exagérée quand la quantité d'alim troduite dans l'organisme dépasse la quantité nécessai couvrir les pertes de cet organisme. Cet accroissement mentation peut porter, du reste, soit sur l'ensemble des p alimentaires, soit sur quelques-uns seulement de ces pr

Dans l'alimentation en excès, il peut se présente sieurs cas :

1° Ou bien l'élimination augmente proportionnellem quantité de matériaux ingérés; l'équilibre subsiste toujou les entrées et les sorties, et le corps ne perd ni ne gagn poids; c'est ce qui arrive, par exemple, quand un exc mentation est compensé par un accroissement d'exercic culaire;

2° L'accroissement de l'élimination ne compense pas l' sement des matériaux de nutrition ingérés ; la désassimil inférieure à l'assimilation ; une partie des principes alim est conservée dans l'organisme sans servir à la répar matériaux de déchet, et le corps augmente de poids;

3° Enfin, les aliments ingérés peuvent dépasser la digestive et la puissance d'absorption de l'organisme;

ès d'aliments ingérés se retrouve dans les excréments
ir été modifié par la digestion. Il y a, en effet, pour
ndividu, une *limite maximum* de ration alimentaire
l'on ne peut dépasser sans amener des troubles corres-
dans la santé générale, et cette limite maximum varie
que espèce d'aliments simples ; elle est facilement atteinte
graisse et les albuminoïdes, plus difficilement pour les
our l'eau.

° *De la nutrition che les herbivores et chez les car ivores.*

cherches citées dans les par hes précédents et dont
tats ont été donnés sous forr tableaux, ont été faites
toutes sur un carnivore, le cnien, et quoique les actes
le la nutrition soient, au fond, les mêmes chez les her-
et chez les carnivores, il y a cependant chez les deux
une répartition différente des *ingesta* et des *excreta*,
n puisse aboutir toujours de part et d'autre à l'équi-
re les entrées et les sorties.

eau suivant donne, d'après Boussingault, la balance des en-
les sorties pour le cheval dans une période de vingt-quatre

		SORTIES		
	ENTRÉES.	Par les fèces.	Par l'urine.	Par la perspiration.
. . . . . .	17,364gr,7	10,725,0	1,028,0	5,611,7
. . . . . .	3,938 ,0	1,364,7	108,7	2,465.0
e.	446 ,5	179,8	11,5	255,0
. . . . . .	3,209 ,2	1,328,8	34,1	1,846,1
. . . . . .	139 ,4	77,6	37,8	24,0
. . . . . .	672 ,2	574.6	109,9	— 123,0

érence entre les herbivores et les carnivores est surtout
le si on examine pour chacun d'eux combien, pour 100
l'eau, de carbone, d'hydrogène, etc., introduites, il y en a
s par les excréments, l'urine et la perspiration. C'est ce que
tableau suivant pour un carnivore (chat) et pour un herbivore

ENTRÉES. Pour 100 parties.	SORTIES. Par les excréments. Cheval.	Chat.	Par l'urine. Cheval.	Chat.	Par la pers[illegible] Cheval.
Eau........	61,8 %	1,2 %	5,9 %	82,9 %	32,3 %
Carbone....	34,6	1,2	2,7	9,5	62,7
Hydrogène.	40,3	1,1	2,5	23,2	57,2
Azote......	55,7	0,2	27,1	99,1	17,2
Oxygène...	41,4	0,2	1,0	4,1	57,6
Cendres....	85,5	92,9	16,2	7,1	—
Soufre.....		50,0		50,0	—

La première conclusion à tirer de ce tableau c'est que, che[z les her]bivores, comme le montre la colonne des excréments, il n'y a 45 p. 100 des aliments introduits qui soient absorbés, ce qui [tient évi]demment à la constitution même et à la nature des substa[nces végé]tales qui entrent dans leur alimentation et qui contiennent tou[jours une] grande proportion de principes réfractaires. Un autre fait, c'es[t l'impor]tance de l'urine, comme voie d'élimination, chez les carniv[ores. Si l'on] recherche quelle est la proportion de principes *assimilés* éli[minés par] l'urine et par la perspiration chez les herbivores et les car[nivores, on] trouve les chiffres suivants :

PRINCIPES ASSIMILÉS pour 100 parties.	ÉLIMINATION par l'urine. Cheval.	Chat.	ÉLIMI[NATION] par la pe[rspiration] Cheval.
Eau.	12,8 %	83,9 %	87,2 %
Carbone.	4,3	9,6	95,7
Hydrogène.	4,2	23,4	95,8
Azote.	61,2	99,2	38,8
Oxygène.	1,7	4,2	98,3

La nutrition chez les *omnivores* sera, *à priori*, interméd[iaire entre] celle des herbivores et des carnivores, et plus ou moins rapp[rochée des] uns ou des autres, suivant la prédominance des substance[s végétales] ou animales dans l'alimentation.

B. — INFLUENCE DU MOUVEMENT MUSCULAIRE SUR LA NUTR[ITION.]

On a vu déjà, à propos de la théorie de la nutritio[n muscu]laire (voir page 279), que deux opinions principales so[nt en pré]sence sur les phénomènes chimiques qui se passent [dans les] muscles pendant leur contraction. Suivant les uns, l[e muscle] emploierait des matériaux azotés; suivant d'autres, au [...]

[redacted]

riaux non azotés. La seule manière de résoudre la ques-
'analyser les produits de désassimilation fournis pendant
et pendant le travail musculaire, et de voir, d'après leur
leur augmentation, sur quels principes de l'organisme
iments a porté la désassimilation. Malheureusement, les
obtenus par les physiologistes sont loin de concorder,
qu'il est difficile d'arriver à une solution positive et
able.

incipes de désassimilation les plus importants sont, pour
ances azotées, l'urée et l'a ide urique ; pour les sub-
ion azotées, l'acide carboni et l'eau.

lant, si on rassemble les re ..ches des différents expé-
eurs, on arrive à cette concl...ion que, pendant le travail
re, tous les produits de désassimilation, azotés et non
ont augmentés, mais les derniers (acide carbonique et
une bien plus forte proportion que l'urée. On pourrait
poser d'après cela que, pendant le travail musculaire,
ances azotées et non azotées prennent part à la désassi-
, mais que cette part est beaucoup plus forte pour les
es non azotées. Le muscle consommerait donc, dans sa
on, des principes non azotés, et nous avons vu, en effet,
chapitre de la glycogénie, qu'il est aujourd'hui devenu
able que le sucre formé dans le foie va fournir les ma-
le la contraction musculaire, sans cependant vouloir nier
irecte du tissu musculaire lui-même dans une certaine
on.

, qui avait défendu l'origine azotée de la contraction
ire, avait classé les aliments, d'après sa théorie, en ali-
espiratoires (graisse et hydrocarbonés) qui, par leur
ion, produisaient la chaleur animale, et aliments plas-
lbuminoïdes) qui servaient à la constitution des tissus
oduction du travail musculaire. Mais cette opinion n'est
enable aujourd'hui, pas plus que la division des aliments
nogènes et dynamogènes. En effet, comme on le verra
, la chaleur produite augmente en même temps que le
usculaire, et les deux effets doivent donc être rapportés
ne cause, à l'emploi des mêmes substances et des prin-
azotés en première ligne.

ant, si la plus grande partie du travail produit dans la
n musculaire doit être rapportée à la combustion (?) de

substances non azotées, il n'en est pas moins certain contraction s'accompagne aussi, surtout quand elle a taines limites, d'une usure de substances azotées et ment d'une usure du tissu musculaire lui-même, prouve la nécessité de faire intervenir dans l'alimen certaine proportion d'albuminoïdes, proportion qui doi forte dans le travail que dans le repos.

Voici un résumé des recherches de Fick et de Vislicénu question, recherches si souvent citées et qui ont contribué coup à renverser les idées de Liebig sur ce sujet.

Ces deux observateurs firent l'ascension du Faulhorn, heures. Dans les 17 heures qui précédèrent l'ascension, ils pas d'aliments azotés, et pendant 31 heures ils ne mangèr lard, de l'amidon et du sucre. L'urine fut examinée avant (urine de la nuit), pendant l'ascension, pendant les 6 heur qui suivirent, et pendant la nuit passée sur la montagne, ap repas de viande. Ils constatèrent que la quantité de trav dans l'ascension ne pouvait être couverte par la combustio minoïdes, et que plus des deux tiers avaient été produits des substances non azotées. Le tableau suivant donne le dé expérience :

	Urine.	Urée.	Azote de l'urée.	Azote total.	Albuminoïdes oxydés.	Albumine oxydée pendant l'ascension.	Kilogrammètres correspondants à cette albumine.
Fick. 66 kilos.	De la 1re nuit.	12,4820	5,8249	6,9153	46,1020	—	—
	De l'ascension.	7,0330	3,2681	3,3130	22,0867	37,17	106,250
	Du repos......	5,1718	2,4151	2,4293	16,1953		
	De la 2e nuit..	—	—	4,1867	32,1113	—	—
Vislicénus. 76 kilos.	De la 1re nuit..	11,7614	5,4887	6,6841	44,5607	—	—
	De l'ascension.	6,6973	3,1251	3,1336	20,8907	37,00	105,285
	Du repos......	5,1020	2,3809	2,4165	16,1100		
	De la 2e nuit...	—	—	5,3462	26,6413	—	—

La hauteur du Faulhorn est de 1,956 mètres; le travail pour Fick de $66 \times 1956 = 129{,}096$ kilogrammètres, et de = 148,656 kilogrammètres pour Vislicénus; mais il faut ajout produit par le cœur et les muscles respiratoires, ce qui d près le chiffre total des kilogrammètres produits pendant l

8. — ASSIMILATION.

La formation des éléments anatomiques et des ti intimement liée à la connaissance de leur structure

...t trouver place que dans les traités d'histologie proprement ... Il ne s'agira ici que de la formation des principes immé...ts de nos tissus, c'est-à-dire de la façon dont les diverses ...èces d'aliments simples que nous ingérons arrivent à être ...imilés et à entrer dans la constitution de l'organisme.

Ces principes immédiats de nos tissus peuvent, abstraction ...e de l'eau et des principes minéraux, se diviser en trois classes ...i correspondent en réalité aux trois groupes principaux d'ali...ents simples, albuminoïdes, g... ...es, hydrocarbonés. La ques...n de la formation et de la pr... ...nce des hydrocarbonés dans ...rganisme ayant été déjà trai... ...s le chapitre de la glycogé...e, il ne reste donc à étudier ... origine des albuminoïdes et ...s graisses.

1° *Origine des albu... ...ides de l'organisme.*

Les albuminoïdes de l'org...isme proviennent exclusivement ...s aliments azotés; d'après la théorie courante, ces aliments ...t transformés en peptones avant d'être assimilés, passent à ...tat de peptones dans le sang et s'y transformeraient, d'une ...çon encore inconnue, en albumine du sérum. Une autre théo...e, basée sur des expériences récentes, a cependant été formulée ...r Fick dans ces derniers temps. On a vu plus haut (page 408) ...e, d'après les recherches de Brücke et de quelques autres ...ysiologistes, une partie de l'albumine de l'alimentation pouvait ...re absorbée à l'état d'albumine sans passer par la transfor...ation en peptones. D'après Fick, c'est l'albumine ainsi absor...ée directement qui servirait seule à la réparation des tissus et à ... formation des substances albuminoïdes de l'organisme. Les ...ptones, au contraire, une fois arrivées dans le sang, n'entre...ent pas dans la constitution des tissus et seraient détruites ...ns le sang en donnant par leur dédoublement des produits ...otés (urée) et des produits non azotés qui sont peut-être les ...atériaux d'oxydation employés dans les muscles et dans ...autres organes. Si, en effet, on injecte des peptones dans les ...eines d'un animal, on en retrouve, au bout de quelques heures, ...t l'azote dans l'urine, et, suivant Goldstein (mais les expé...ont trop peu nombreuses et peu concluantes), après ...on des reins, avec injection de peptones, l'urée s'ac-

C'est l'albumine du sérum sanguin et de la lymphe
les substances albuminoïdes des tissus, myosine, kéra
cine, glutine, etc. ; mais la façon dont s'opère cette tran
nous est complétement inconnue. La chimie physiolo
apprend qu'on peut passer, par transitions insensibles
mine soluble à l'albumine solide, et que le degré de
et de solidité de la substance paraît tenir, pour une fo
la proportion des sels qu'elle contient; elle nous ap
dans la kératine, l'élasticine, la glutine, les proportions
de carbone et d'azote, sont différentes de celles q
dans les albuminoïdes proprement dits; mais jusqu'ic
pas parvenue à reproduire artificiellement, à l'aide de
du sérum, une seule de ces substances. Rochleder
obtenir de la chondrine en chauffant de l'albumine
l'air avec l'acide chlorhydrique, mais le produit obte
de la chondrine véritable.

Nous ne sommes guère plus avancés sur la formati
moglobine. Cependant Preyer, Heynsius, Münnich, ont
cristaux d'oxyhémoglobine avec de l'hématine et un
alcalin sous l'influence d'une action oxydante éner
nourriture azotée augmente la quantité d'hémoglobin
elle diminue par une alimentation grasse ou hydr
(Subbotin.)

2° *Origine de la graisse de l'organi*

llons étudier spécialement à ce point de vue les graisses,
rocarbonés et les albuminoïdes.
raisses. La graisse de l'alimentation contribue évidem-
la formation de la graisse des organes et des tissus. Il ne
avoir de doute à ce sujet, et même en admettant qu'une
le cette graisse soit directement oxydée sans entrer dans
titution des tissus, l'excès de la graisse ingérée s'accu-
ujours dans l'organisme. Seulement les formes intermé-
par lesquelles passent la graisse absorbée en nature et
se absorbée à l'état de savons pour aller se déposer dans
ients anatomiques, nous sont absolument inconnues.
les carnivores, la graisse de l'alimentation suffit pour
la graisse de l'organisme; mais chez les herbivores (et
s carnivores qui engraissent), il n'en est pas ainsi, et il
toute nécessité qu'une partie de la graisse du corps pro-
les autres groupes d'aliments simples.
drocarbonés. Plusieurs faits parlent en faveur de la pro-
de la graisse aux dépens des hydrocarbonés, théorie
e surtout par Liebig. Les carnivores maigres engraissent
si on ajoute des hydrocarbonés à leur alimentation; les
, qui ont une nourriture presque exclusivement sucrée,
ent de la cire, corps très-rapproché des corps gras, et on
l'action engraissante de la bière, qui est très-riche en
:. D'après Liebig, une partie des hydrocarbonés de l'ali-
on serait oxydée, l'autre partie serait transformée en
Il y a cependant plusieurs objections à faire à cette
D'abord, ni dans l'organisme, ni en dehors de l'orga-
cette transformation directe des hydrocarbonés en graisse
être obtenue. Ensuite, même au point de vue chimique,
les deux groupes de corps aient un certain nombre de
de décomposition communs, acides acétique, butyrique,
que, eau, etc., il est difficile de concevoir comment
se faire cette transformation, comme on peut s'en assu-
l'examen des formules des deux corps (pages 200 et
un autre côté, les hydrocarbonés, pris seuls, diminuent
se au lieu de l'augmenter, et si les abeilles, par exemple,
nt de la cire avec une alimentation sucrée, c'est qu'elles
en même temps des albuminoïdes; car si ces albumi-
iennent à leur manquer, la production de cire s'arrête.
ent expliquer alors l'influence, incontestable cependant,

ralement acceptée par les physiologistes. Des faits assez nombreux parlent en faveur de cette hypothèse. les cadavres, le *gras de cadavre* ou *adipocire*, cons tiellement par de l'acide palmitique, provient éviden décomposition des albuminoïdes des tissus. Blondeau dans le fromage de Roquefort une formation de g dépens de la caséine, et Kemmerich a vu la même t tion s'opérer dans le lait sorti de la glande et exp Chez les animaux en lactation, c'est un fait aujou positif que l'alimentation azotée augmente la quantité du lait, tandis qu'elle diminue par une alimentatio amylacée. On a voulu encore citer, à l'appui de la tra des albuminoïdes en graisse, ce fait que des cristal substances azotées, introduits dans la cavité périton saient la dégénérescence graisseuse; mais des expér rieures ont montré qu'il y avait là un mécanisme genre et que c'était une simple infiltration graiss observait aussi quand on plaçait dans le ventre des de bois poreux ou de moelle de sureau. Quoi qu'il formation de graisse aux dépens des albuminoïdes d'hui parfaitement démontrée, et les faits cités plus h très-probable que cette transformation se produit ph ment dans l'organisme. Pettenkofer et Voit ont vu qu alimentation de viande tout l'azote reparaît dans les tandis qu'il n'en est pas de même du carbone, qu partie dans l'organisme pour entrer probablement da

ıne question à résoudre, celle de savoir si ce dédou-
porte sur les albuminoïdes des tissus ou sur ceux de
ition; mais cette question paraît actuellement inso-

s tout ce qui précède, la question de l'engraissement
envisagée de la façon suivante. Il y a deux sources
production de la graisse dans l'organisme : 1° la graisse
entation; 2° les substances albuminoïdes de l'alimenta-
ctement ou indirectement). . production de graisse
ns des albuminoïdes est sou fluence immédiate d'une
nouvelle, des plus importa , au point de vue prati-
e graisse ainsi formée est tr oxydable et serait détruite,
à mesure de sa formation, par les combustions internes,
use puissante n'intervenait pour empêcher cette oxyda-
t ici que se place le rôle des hydrocarbonés; ils détour-
eux l'oxygène et, par leur oxydation, épargnent l'oxy-
la graisse nouvellement formée qui alors s'accumule
tissus. Tout ce qui diminue les oxydations internes, dé-
ercice, certaines affections respiratoires, agira aussi dans
sens et favorisera la production de la graisse.
acile, avec ces données, de se rendre compte des causes
e l'obésité et des moyens physiologiques à employer
remédier; les trois indications capitales sont les sui-
1° supprimer la graisse de l'alimentation; 2° activer les
ıs internes, principalement par l'exercice musculaire;
de fournir à l'oxygène du sang des aliments trop oxy-
fin que cet oxygène s'empare, au fur et à mesure, de la
ormée par le dédoublement des albuminoïdes, et pour
primer autant que possible de l'alimentation les aliments
bonés. Tels sont, en effet, les points principaux du
anting, dû à W. Harvey, régime qui a fait tant de bruit
derniers temps.

9. — DÉSASSIMILATION.

assimilation porte sur tous les tissus et tous les organes,
s n'y prennent pas une part aussi active les uns que les
lans cette désassimilation, les divers groupes de prin-
nédiats de l'organisme, albuminoïdes, hydrocarbonés,

en produits azotés, produits non azotés et sels, qu
cher pour chacun d'eux son origine et son mode

1° *Produits de désassimilation az*

A. MATIÈRES COLORANTES. — 1° ***Matières colorantes b*** ***bilirubine***, $C^{16}H^{18}Az^{2}O^{3}$, paraît provenir d'une décompo moglobine des globules rouges. Ce qui le prouve d'a identité, à peu près sinon tout à fait absolue, avec l'hém rencontre dans les extravasations sanguines et dont matière colorante du sang ne peut être mise en doute. ce qui amène la destruction de l'hémoglobine du sang dans l'urine la matière colorante biliaire (injection de dans le sang, injection d'acides biliaires; on sait que les ont la propriété de détruire les globules sanguins). L' dans le sang produirait le même effet; pourtant le f confirmé par Naunyn et Steiner. Cependant, jusqu'ici on artificiellement cette transformation d'hémoglobine en dehors de l'organisme.

Quant au lieu de cette transformation dans l'organis nions sont en présence: les uns admettent qu'elle a lie les autres dans le sang.

La formation dans le foie paraît plus probable. En cette matière colorante dans l'intérieur des cellules hé trouve dans le foie lui-même et dans les cellules hépat ditions nécessaires à la destruction de l'hémoglobine, présence des acides biliaires. Une seule difficulté existe,

igine hématogène de la bilirubine est plus controversée, et les ences pour décider cette question sont très-contradictoires. s quelques auteurs, l'hémoglobine, une fois passée des globules : sérum sanguin, se transformerait immédiatement en bilirubine; lant Naunyn, en injectant dans le tissu cellulaire sous-cutané ou le sang une solution d'hémoglobine, n'a pas retrouvé la biliru- lans l'urine et n'a pu y constater que la présence de la matière ite du sang. Il est vrai que Tarchanoff, dans des expériences es, est arrivé à des résultats op inion de Frerichs, qui faisait ,enir la bilirubine d'une trans- ion des acides biliaires, ne peu soutenir aujourd'hui. Un nentionner, quoique sa signific orique ne puisse encore éterminée, c'est que, dans les c ie *incolore*, on constate la ce des acides biliaires. (Ritter.)

biliverdine, $C^{16}H^{20}Az^{2}O^{5}$, n'est qu'un produit d'oxydation de la ine.

Matières colorantes de l'urine. — Ces matières colorantes sont line et l'indican.

obiline, $C^{32}H^{40}Az^{4}O^{7}$, ou *hyd* *'irubine*, est un produit de rmation de la birilubine. R. Maly a transformé artificiellement rubine en urobiline par l'action de l'hydrogène à l'état nais-

$$2C^{16}H^{18}Az^{2}O^{3} + H^{2} + H^{2}O = C^{32}H^{40}Az^{4}O^{7}.$$

e transformation a lieu dans l'intestin; l'urobiline ainsi formée sorbée, passe dans le sang dans le sérum duquel on peut la re- ître par l'analyse spectrale, et de là dans l'urine.

dican, $C^{26}H^{31}AzO^{17}$, ou *uroxanthine*, ne provient pas de la matière nte du sang, comme on l'avait d'abord supposé; mais il provient dol, $C^{8}H^{7}Az$, que nous avons vu se former dans l'intestin sous nce du suc pancréatique. En effet, Jaffé a vu l'indican apparaître l'urine à la suite d'injections sous-cutanées d'indol. L'indol est résorbé dans l'intestin et transformé en indican en s'unissant lement à une substance du groupe des sucres.

st possible que l'indican provienne aussi, pour une certaine té, des substances aromatiques. Kletzinsky a constaté l'apparition ndican dans les urines après l'ingestion d'essences d'amandes s et de créosote.

a l'*uroérythrine*, qu'on trouve quelquefois dans les urines et t dans les sédiments urinaires auxquels elle donne leur couleur provenir de la matière colorante du sang.

LIAIRES. — **Les acides biliaires sont probablement formés nion d'un acide non azoté, l'acide cholalique,** $C^{24}H^{40}O^{5}$, **avec**

deux substances azotées, la glycocolle, $C^2H^5AzO^2$, et l
$C^2H^7AzSO^3$, comme l'indiquent les équations suivantes :

$$C^{24}H^{40}O^5 + C^2H^5AzO^2 = C^{26}H^{43}AzO^6 + H^2O$$

Acide cholalique. Glycocolle. Acide glycocholique.

$$C^{24}H^{40}O^5 + C^2H^7AzSO^3 = C^{26}H^{45}AzSO^7 + H^2O,$$

Acide cholalique. Taurine. Acide taurocholique.

L'endroit où ces substances s'unissent avec l'acide chola
former les acides biliaires paraît être le foie, et les cellules l
sont probablement les agents de cette combinaison. Mais c
où se produisent ces divers facteurs des acides biliaires?

La glycocolle et la taurine ont sans doute leur origin
foie, sans qu'on puisse préciser exactement leur mode de
Toutes les deux semblent provenir d'un dédoublement des
albuminoïdes. Certains faits, surtout pathologiques, tendrai
admettre que la taurine proviendrait de la cystine, C
Après l'ingestion de taurine, une partie de cette substa
inaltérée dans l'urine ; l'autre est en partie décompos
trouve dans l'urine à l'état de sel un acide sulfuré et a
formule $C^3H^8Az^2SO^4$.

C. Urée, CH^4Az^2O. — L'urée provient évidemment de la d
tion des albuminoïdes ; mais la question est de savoir si la p
partie de l'urée provient des albuminoïdes des tissus ou
mine des aliments passée dans le sang (*albumine circulan*
on a même vu plus haut que, d'après Fick, la plus grand
l'urée devrait être rapportée aux peptones absorbées dan
tation.

Mais l'urée ne dérive pas immédiatement de l'albumine
deux il y a toute une série de produits intermédiaires, de
tions successives, et la difficulté est précisément de saisir
ces transformations et de déterminer parmi les principes d
milation azotés quels sont ceux qui sont les prédécesseurs

Autrefois, on plaçait en première ligne l'acide urique. L
miques semblent en effet favorables à cette opinion. L'urée
produits de décomposition de l'acide urique. Ainsi cet acid
l'oxyde de plomb donne de l'allantoïne, de l'acide oxalique
carbonique et de l'urée.

$$2C^5H^4Az^4O^3 + 4H^2O + 3O = C^4H^6Az^4O^3 + C^2H^2O^4 + 2CH^4Az$$

Acide urique. Allantoïne. Acide oxalique. Urée.

u bromée, l'acide urique se transforme en urée et alloxane :

$$\text{Az}^4\text{O}^3 + \text{Br}^2 + 2\text{H}^2\text{O} = \text{CH}^4\text{Az}^2\text{O} + \text{C}^4\text{H}^2\text{Az}^2\text{O}^4 + 2\text{HBr}$$

urique. Urée. Alloxane.

ne à son tour se transforme en urée et acide carbonique :

$$\text{C}^4\text{H}^2\text{Az}^2\text{O}^4 + 2\text{O} + \text{H}^2\text{O} = \text{CH}^4\text{Az}^2\text{O} + 3\text{CO}^2$$

Alloxane. Urée.

ozone le transforme directeme en urée et acide carbonique. faits chimiques viennent s'aj ter des faits physiologiques. n d'acide urique, ou son injec ion dans les veines, augmente té d'urée de l'urine en même temps que l'oxalate de chaux et chez le lapin, augmente ement la quantité d'urée. t, malgré toutes ces raisons, il rès-probable qu'il n'y a pas roduction de l'acide urique et c de l'urée, la liaison supposée nent. Après une alimentation tée très-abondante, suivie s absolu, la quantité d'urée au te considérablement, celle urique très-peu, et cependa . la théorie ordinaire était serait l'inverse qui devrait avoir lieu, et l'excès d'aliments gérés dans des conditions peu favorables à une oxydation in-rgique devrait produire au contraire une augmentation très-ide urique. Si cet acide urique existe surtout dans les urines les chez lesquels les combustions internes sont très-lentes, tre aussi chez les oiseaux dont l'activité respiratoire dépasse mammifères. De ces faits on peut conclure que les origines et de l'acide urique sont différentes, et que, si les deux sont its de désassimilation de matériaux azotés, le lieu de cette lation doit être cherché dans des points différents de l'orga-

vient d'être dit de l'acide urique peut se dire aussi des autres s qu'on considère en général comme les prédécesseurs de en particulier de la créatine. Là aussi des raisons chimiques faire admettre cette opinion. La créatine, en effet, peut se er en sarcosine et en urée :

$$\text{C}^4\text{H}^9\text{Az}^3\text{O}^2 = \text{C}^3\text{H}^7\text{AzO}^2 + \text{CH}^4\text{Az}^2\text{O} - \text{H}^2\text{O}$$

Créatine. Sarcosine. Urée.

créatine se rencontre surtout dans les muscles, dans lesquels ove pas d'urée à l'état normal, et si l'urée provenait de la faudrait, pour donner les 35 grammes d'urée éliminée par urine, qu'il se formât dans les muscles près de 60 grammes

D'après les recherches récentes de Schultzen et Nen formerait aux dépens de la glycocolle, de la leucine et de la tyrosine. En effet, l'ingestion de glycocolle augmen d'urée. La glycocolle, la leucine, la tyrosine, représenten acides (voir page 198), dont le dérivé cyanique CHAzO s'un moniaque dérivée d'un autre corps azoté encore inconn pour former l'urée.

$$CHAzO + AzH^3 = CH^4Az^2O$$
Urée.

CHAzO n'est autre chose que l'amide monoammoniacal d bonique, comme le montre l'équation suivante :

$$CO^2 + AzH^3 - H^2O = CHAzO$$

Schultzen a vu aussi que si on fait ingérer à un animal sine $C^3H^7AzO^2$ en quantité telle que son azote corresp ment à l'azote éliminé à l'état normal par l'urée, on n d'urée dans l'urine, mais une série d'autres corps et, p corps qui a pour formule $C^4H^8Az^2O^3$ et qui se décompose de l'eau, en acide carbonique, ammoniaque et sarcosine, d' tion suivante :

$$C^4H^8Az^2O^3 + H^2O = CO^2 + AzH^3 + C^3H^7AzO^2$$
Sarcosine.

Il est donc probable que la sarcosine ingérée s'unit à former le corps mentionné plus haut et empêche par cons moniaque de s'unir à CHAzO pour former de l'urée. La p ce corps a lieu d'après l'équation suivante :

$$CHAzO + C^3H^7AzO^2 = C^4H^8Az^2O^3$$
Sarcosine.

On peut encore empêcher d'une autre façon la formati dans l'organisme, en faisant ingérer un acide aromatique, zoïque par exemple, qui s'empare de la glycocolle pou l'acide hippurique, d'après l'équation suivante :

$$C^7H^6O^2 + C^2H^5AzO^2 - H^2O = C^9H^9AzO^3$$
Acide benzoïque. Glycocolle. Acide hippurique.

et empêche par suite cette glycocolle de contribuer à la p l'urée. On enlève ainsi un des deux facteurs de l'urée, e d'urée diminue comme l'a vu Meissner.

provienneni maintenant les matériaux azotés qui donnent lieu à uction d'urée? Où se forme cette substance? Dans quels tissus, uels organes? C'est ce qui nous reste à examiner.

longtemps discuté la question de savoir si l'urée était formée rein. Mais il est à peu près démontré aujourd'hui que l'urée ou ns la plus grande partie de l'urée ne se forme pas dans le rein; de la veine rénale contient moins d'urée que celui de l'artère Gréhant); après l'extirpation des reins, l'urée s'accumule dans d'après les expériences de Voit, Meissner, Gréhant, et, quoique herches de Zalesky et de quelques autres auteurs aient donné sultats contraires, le fait n'en paraît pas moins constaté aujour- Cependant Hoppe-Seyler semble admettre encore la production rée dans le rein (voir aussi : *Séc* *nale*).

rès Meissner, qui soutient une léjà émise par Heynsius e, l'urée se formerait principal ment dans le foie; le foie con- ujours en effet une assez forte roportion d'urée; si, à l'exemple on fait passer un courant de sang à travers le foie, ce sang plus d'urée, tandis que la qu ntité d'urée du foie diminue, et len a répété avec le même résultat l'expérience de Cyon. Meiss- siste aussi sur ce fait que, dans l'atrophie aiguë du foie, l'urée t de l'urine. Mais, d'après Hüppert, Beneke et Meissner lui- cette urée ne se produirait pas aux dépens du tissu même du ais aux dépens des globules rouges; sa formation serait liée à ruction de ces globules et il y aurait alors un lien intime entre ation de la bilirubine, de la substance glycogène et de l'urée. foie ne paraît cependant pas être le seul endroit où puisse se de l'urée; la rate, les poumons, le cerveau, en contiennent aussi rtaine proportion, et la présence dans ces deux organes des corps uvent donner naissance à l'urée, amides acides d'une part, la leucine et la tyrosine, facteurs ammoniacaux, d'autre part, la lécithine, tendent à y faire admettre aussi la production ans qu'on puisse dire si les globules sanguins y participent

oit par cet exposé que nos connaissances sur la formation de nt encore très-insuffisantes et très-incertaines; le seul fait ui me semble ressortir de tous ces faits, et il a une grande ce, c'est que l'urée est en rapport intime avec la désassimila- albuminoïdes du sang, du foie et peut-être de quelques autres comme la rate, le cerveau, etc., mais n'a aucun rapport avec similation musculaire. Les produits azotés de cette désassimi- usculaire sont tout autres, comme on le verra plus loin.

que, $C^5H^4Az^4O^3$. — L'acide urique peut être considéré

comme un amide biammoniacal de l'acide tartronique ou oxyı dans lequel l'urée remplace l'ammoniaque :

$$C^5H^4Az^4O^3 = C^3H^4O^5 + 2CH^4Az^2O - 4H^2O$$
Acide urique. Ac. tartronique. Urée.

On peut encore le considérer comme un cyanamide de l'ac nique. Le cyanamide = de l'urée moins un équivalent d'eau

$$CH^2Az^2 = CH^4Az^2O - H^2O$$
Cyanamide. Urée.

La formule suivante représenterait alors la constitution urique :

$$C^5H^4Az^4O^3 = C^3H^4O^5 + 2CH^2Az^2 - 2H^2O$$
Acide urique. Ac. tartronique. Cyanamide.

L'origine et la formation de l'acide urique sont encore plus ı peut-être que celles de l'urée. Au point de vue chimique, il ya des relations très-étroites entre l'acide urique et quelq produits azotés, comme le montre la seule inspection de suivantes :

Guanine	$C^5H^5Az^5O$
Sarcine	$C^5H^4Az^4O$
Xanthine.	$C^5H^4Az^4O^2$
Acide urique	$C^5H^4Az^4O^3$

La guanine et la sarcine, par l'action de l'acide nitrique forment en xanthine, et si on n'a pu encore obtenir la tra de la xanthine en acide urique, Strecker et Rheineck ont pu réduction la transformation inverse, et d'ailleurs les produits position de la xanthine sont les mêmes que pour l'acide ı différents corps se rencontrent dans les glandes (foie, p rate, le thymus, les muscles (sarcine, xanthine), de sorte q porté à voir dans ces divers organes le lieu d'origine de l'ac et en effet Meissner en a placé le siége principal dans le fo oiseaux et les reptiles, tandis qu'il formerait de l'urée chez l fères. Ranke le fait provenir de la rate, et se base sur ce quinine, à fortes doses, diminue la quantité d'acide urique; l'extirpation de la rate ne fait baisser en rien la proportion (que de l'urine (Cl. Bernard). D'autres auteurs, se basant su pathologiques, ont rattaché sa production à la désassimilati bules blancs (augmentation d'acide urique dans la leucémie

s connectifs (dépôts uratiques de la goutte). Mais il n'y a là en
ien de certain.

guère possible non plus de placer dans le rein l'origine de
ique. Zaleski a cherché à soutenir cette opinion par une série
nces sur les oiseaux et les reptiles. Après la ligature de l'ure-
forme des dépôts d'acide urique dans le rein et dans d'autres
tandis qu'après la néphrotomie ces dépôts sont très-peu pro-
en outre, d'après lui, on ne trouverait pas d'acide urique dans
e ces animaux à l'état normal. Mais Meissner a montré que cet
que y existe en réalité, seulement il faut prendre des quantités
plus considérables que celles qu'avait essayées Zaleski, et
chimique est très-délicate. Pawlinoff, d'autre part, a constaté
la ligature des vaisseaux du rein, les dépôts d'acide urique
nt à se faire dans les autres organes et que le rein en est tout
mpt, preuve certaine que le rein n'est pas le lieu de formation
urique et ne sert qu'à éliminer cet acide à mesure qu'il lui
té par le sang.

nême impossible de dire, comme on l'a vu plus haut, s'il existe
ion entre l'urée et l'acide urique, si l'acide urique n'est qu'un
l'oxydation intermédiaire de l'urée, et si les deux proviennent
sassimilation des mêmes tissus. On a vu que la glycocolle
re un des facteurs principaux de l'urée; or il est remarquable
lycocolle a pu être obtenue artificiellement par Schultzen et
en traitant l'acide urique par l'acide sulfurique concentré, et il
là une raison pour faire de l'acide urique un des prédécesseurs
, si les faits déjà cités n'indiquaient que les deux produits n'ont
ême source.

es oiseaux et les reptiles, l'acide urique est le principal produit
similation des matières azotées, sans que jusqu'ici on ait l'ex-
réelle de ce fait qui rapproche deux classes d'êtres dont les
istinguent par l'activité, les autres par la lenteur de leurs oxy-
Il y a donc dans la formation de l'acide urique plusieurs fac-
lenteur des oxydations, comme on le voit chez les reptiles ou,
tains cas pathologiques, chez les mammifères, est un de ces
mais il n'est pas le seul et les autres nous échappent jus-

ten a vu chez des poulets l'ingestion de la sarcosine empêcher
ion de l'acide urique qui se trouve remplacé alors par des
plus solubles. Il y a là un fait intéressant au point de vue
ique et qui, s'il se confirme, pourra devenir susceptible d'ap-
. L'acide benzoïque et l'acide quinique au contraire augmen-
oportion d'acide urique (Meissner).

içon générale on peut dire que tout ce qui accroît la désassi-
iminue la production d'acide urique, tandis que c'est l'inverse
e. Aussi cette diminution d'acide urique s'observe après les

inhalations d'oxygène (Eckhard, Ritter) et de protoxyde d'azote l'exercice musculaire (?), les boissons abondantes (Genth), etc.

On peut rattacher à l'acide urique un certain nombre de pro désassimilation azotés ou non azotés, qui en proviennent évide peuvent se rencontrer dans les excrétions et en particulier urines. Tels sont, outre l'urée, l'allantoïne, l'acide oxaluriq loxane, l'acide oxalique. Enfin les produits ultimes de la décom sont, comme pour l'urée, l'ammoniaque, l'acide carbonique et l'

L'*allantoïne*, $C^4H^6Az^4O^3$, se rencontre dans l'urine pendant vie fœtale et, après la naissance, pendant la lactation. Sa form représentée par l'équation suivante :

$$\underset{\text{Acide urique.}}{C^5H^4Az^4O^3} + H^2O + O = \underset{\text{Allantoïne.}}{C^4H^6Az^4O^3} + CO^2$$

Les réactions suivantes donnent la formation des divers pro décomposition de l'acide urique.

$$\underset{\text{Acide urique.}}{C^5H^4Az^4O^3} + H^2O + O = \underset{\text{Alloxane.}}{C^4H^2Az^2O^4} + \underset{\text{Urée.}}{CH^4Az^2O}$$

$$\underset{\text{Alloxane.}}{C^4H^2Az^2O^4} + O = \underset{\text{Ac. parabanique.}}{C^3H^2Az^2O^3} + \underset{\text{Ac. carbonique.}}{CO^2}$$

$$\underset{\text{Acide parabanique.}}{C^3H^2Az^2O^3} + H^2O = \underset{\text{Acide oxalurique.}}{C^3H^4Az^2O^4}$$

$$\underset{\text{Acide oxalurique.}}{C^3H^4Az^2O^4} + H^2O = \underset{\text{Urée.}}{CH^4Az^2O} + \underset{\text{Acide oxalique.}}{C^2H^2O^4}$$

$$\underset{\text{Allantoïne.}}{C^4H^6Az^4O^3} + 5H^2O = \underset{\text{Acide oxalique.}}{2C^2H^2O^4} + \underset{\text{Ammoniaque, etc.}}{4AzH^3}$$

E. Acide hippurique, $C^9H^9AzO^3$. — L'acide hippurique peut ê sidéré comme formé par la réunion de l'acide benzoïque glycocolle avec perte d'eau.

$$\underset{\text{Acide hippurique.}}{C^9H^9AzO^3} = \underset{\text{Acide benzoïque.}}{C^7H^6O^2} + \underset{\text{Glycocolle.}}{C^2H^5AzO^2} - H^2O$$

C'est aussi de cette façon que l'acide hippurique se forme d ganisme. Si l'on ingère de l'acide benzoïque, on retrouve l'acid rique dans les urines, cet acide s'unissant à la glycocolle q naissance dans le foie. Meissner et Shepard ont prouvé que, herbivores, l'acide hippurique provient de la substance cuticula substance cuticulaire se rapproche beaucoup de l'acide q $C^7H^{12}O^6$, qui se transforme dans l'organisme en acide benzoïque

.. effet l'ingestion d'acide quinique donne naissance à l'acide hip-
..ue. Ingéré, l'acide hippurique subit aussi partiellement une dé-
..osition en acide benzoïque qui se retrouve dans le sang et gly-
..le qui se transforme en urée. Outre l'acide benzoïque et l'acide
..que, plusieurs acides aromatiques, acide cinnamique, acide amyg-
..ue, etc., donnent naissance à la formation d'acide hippurique.
..s en dehors de cet acide hippurique de l'alimentation, il y en a
..rs une petite quantité qui se forme dans l'organisme indépen-
..ent du régime alimentaire. Cette petite quantité paraît due à la
..position des substances album... ..es ; en effet, parmi leurs pro-
.. de décomposition on trouve l... .. benzoïque et la glycocolle,
..-dire les deux facteurs de l'ac... ..ppurique.
.. se fait l'union de ces deux fa... .., soit que l'acide benzoïque
..nne de l'alimentation, soit qu'... ..vienne de la décomposition
..lbuminoïdes ? Elle ne se fait p... .. dans le sang, car on ne trouve
..acide hippurique dans le sang ... ..s herbivores, ni chez les carni-
..rès l'ingestion d'acide benzo..que. D'après Kühne et Hallwachs,
..rait lieu dans le foie, où se tr...ve déjà le lieu de formation de
..cocolle ; si on injecte dans le ... de l'acide benzoïque et de la
.. de l'acide glycocholique, l'acid... ..purique apparaît dans l'urine;
..ait ingérer de l'acide benzoïque après avoir lié les vaisseaux du
..our interrompre la circulation hépatique, l'acide benzoïque passe
..urine et il ne se forme pas d'acide hippurique. Mais les expé-
..s de Kühne ont été contredites de plusieurs côtés. D'autres au-
.. placent sa formation dans le canal intestinal où la glycocolle se
..e par décomposition de l'acide glycocholique. Enfin Meissner et
..d placent dans le rein même la production de l'acide hippurique.
.. l'ingestion d'acide benzoïque, ils n'ont pu trouver d'acide hippu-
.. dans le sang chez les animaux néphrotomisés, et cependant les
.. auteurs ont vu, après la ligature des vaisseaux du rein, l'acide
..rique paraître dans le sang après l'ingestion d'acide benzoïque,
.. opposition avec leur théorie. La question est donc encore à
..dre.

..ATINE et CRÉATININE. — La créatine, $C^4H^9Az^3O^2$, et la créatinine,
..Az^3O, sont deux corps très-voisins, et qui se transforment très-
..ent l'un dans l'autre. La créatinine est l'anhydride de la créa-
..omme on le voit par les formules qui suivent :

$$\underset{\text{Créatine.}}{C^4H^9Az^3O^2} - H^2O = \underset{\text{Créatinine.}}{C^4H^7Az^3O}$$

$$\underset{\text{Créatinine.}}{C^4H^7Az^3O} + H^2O = \underset{\text{Créatine.}}{C^4H^9Az^3O^2}$$

..ne se rencontre guère que dans les muscles et dans
..rveuse, et manque dans les glandes ; la créatinine se

trouve dans l'urine. Il paraît à peu près certain que la cré l'urine provient de la créatine et que cette dernière se form muscles et les nerfs, et peut-être aussi aux dépens de l'al Cependant les recherches sur la proportion de créatine das cles après l'exercice musculaire sont loin de concorder et ficile d'arriver à des résultats positifs. D'après les observ citées, l'urée ne proviendrait pas de la même origine que la ne pourrait être considérée comme un produit de désassi cette dernière, quoique cette urée se trouve parmi les p décomposition de la créatine. D'après Feltz et Ritter, la c assez réfractaire à l'oxydation dans l'organisme. Si on exa sont les produits de décomposition que fournit la créatine, outre l'urée, un certain nombre de principes, sarcosine, m méthyluramine, acide méthylparabanique, etc., qui ont d intimes avec la xanthine, l'hypoxanthine, la guanine et l'ac Les formules suivantes donnent les principales décomposi créatine :

$$C^4H^9Az^3O^2 = C^3H^7AzO^2 + CH^4Az^2O - H^2O$$
Créatine. Sarcosine. Urée.

ou encore :

$$C^4H^9Az^3O^2 = C^3H^7AzO^2 + CAz^2H^2$$
Créatine. Sarcosine. Cyanamide.

$$C^4H^9Az^3O^2 + 2O = C^2H^2O^4 + C^2H^7Az^3$$
Créatine. Acide oxalique. Méthyluramine.

$$C^4H^9Az^3O^2 + 2O = C^4H^4Az^2O^3 + AzH^3 + H^2O$$
Créatine. Ac. méthylparabanique.

$$C^3H^7AzO^2 + H^2O = C^2H^4O^3 + CH^5Az$$
Sarcosine. Ac glycollique. Méthylamine.

G. Leucine et tyrosine. — La leucine, $C^6H^{13}AzO^2$, est un l'acide leucique ou oxycaproïque :

$$C^6H^{12}O^3 + AzH^3 - H^2O = C^6H^{13}AzO^2$$
Acide leucique. Leucine.

La tyrosine, $C^9H^{11}AzO^3$, est un amide dont la nature est connue. Toutes les deux dérivent de matières albuminoïdes de la glutine, de la chondrine et de la mucine ; elles se fo dans la digestion, spécialement dans la digestion pancréatiq meister considère même les peptones comme formées par un leucine, de tyrosine et de corps analogues aussi éloignés qu

es albuminoïdes. La leucine se rencontre surtout dans les glandes
s et dans les glandes vasculaires sanguines; la tyrosine au
ne se forme qu'après la mort et n'existe guère pendant la
ans le suc pancréatique.
ux substances, comme la glycocolle, pourraient bien être,
a l'a vu, une des sources de l'urée.

INE, XANTHINE et SARCINE. — Ces trois corps ont des relations
es entre eux et avec l'acide urique (voir : *Acide urique*). La
lonne par l'oxydation un corps isomère de la xanthine, l'iso-

$$2C^5H^5Az^5O + 3O = 2C^5H^4Az^4O^2 + H^2O + Az^2$$
Guanine. Isoxanthine.

ne encore, par l'oxydation, de l'acide parabanique, de la gua-
de l'acide carbonique.

$$H^5Az^5O + H^2O + 3O = C^3H^2Az^2O^3 + CH^5Az^3 + CO^2$$
uanine. Acide parabanique. Guanidine.

ine ou *hypoxanthine* se transforme en *xanthine* par l'oxy-

$$C^5H^4Az^4O + O = C^5H^4Az^4O^2$$
Sarcine. Xanthine.

HINE et NEURINE. — La *lécithine*, $C^{44}H^{90}AzPhO^9$, peut être consi-
nme une combinaison de l'acide phosphoglycérique et de
éarique avec la neurine.

$$^{90}AzPhO^9 + 3H^2O = 2C^{18}H^{36}O^2 + C^3H^9PhO^6 + C^5H^{15}AzO^2$$
ithine. Ac. stéarique. Ac. phosphoglycérique. Neurine.

rine ou *choline*, $C^5H^{15}AzO^2$, dérive du glycol et de la trimé-
:

$$C^5H^{15}AzO^2 = C^2H^6O^2 + C^3H^9Az$$
Neurine. Glycol. Triméthylamine.

rine, qui se rencontre spécialement dans la bile, provient évi-
de la décomposition de la lécithine, et c'est probablement
urine qui, par une décomposition plus avancée, donne nais-
x petites quantités de triméthylamine qu'on a trouvées dans
its de distillation de l'urine et du sang.
phosphoglycérique, $C^3H^9PhO^6$, est constitué par l'union de

l'acide phosphorique et de la glycérine, en perdant les équ
l'eau :

$$C^3H^9PhO^6 = C^3H^8O^3 + PhH^3O^4 - H^2O$$

Ac. phosphoglycérique. Glycérine. Ac. phosphorique.

ou :

$$C^3H^2 \begin{cases} H^2O \\ H^2O \\ H^2O \end{cases} \qquad C^3H^2 \begin{cases} H^2O \\ H^2O \\ PhH^3O^4 \end{cases}$$

Glycérine. Ac. phosphoglycérique.

Les produits de décomposition de l'acide phosphoglycé
d'une part, ceux de la glycérine et, de l'autre, des phosphat
D'après Beneke, l'acide phosphoglycérique pourrait se f
l'intestin aux dépens de l'acide phosphorique des phospha
ingérés avec l'alimentation et décomposés par le suc gastr
phosphorique qui se combinerait avec la glycérine mise en l
le dédoublement des graisses par le suc pancréatique.

La façon dont se forme la lécithine et le lieu de sa form
encore très-obscurs. Ce qu'il y a de certain, c'est que la l
peut être considérée exclusivement comme un produit de
lation des matières albuminoïdes ; elle a, comme le prouve s
dans l'œuf, le globule sanguin, le tissu nerveux, etc., une s
plus haute et probablement une valeur histogénétique. Elle
essentielle à la constitution et au fonctionnement de certains
sous ce rapport son importance dépasse évidemment celle d
produit de désassimilation, comme l'urée ou l'acide urique.
mécanisme de sa formation, faut-il admettre qu'elle se prod
processus inverse du processus de décomposition, et qu'elle
par la combinaison de la neurine, de l'acide phosphoglycér
l'acide stéarique ?

Où se fait cette combinaison ? Deux des facteurs de la
l'acide phosphoglycérique et l'acide stéarique existent dans
et pourraient passer de là dans le sang ; quant au troisième
neurine, on ne sait à peu près rien sur le lieu et le mode de
tion ; mais elle paraît avoir des relations avec la leucine qui
en grande quantité dans l'intestin, dans la digestion pancré
neurine peut être en effet considérée comme constituée par la
du glycol et de la triméthylamine (voir plus haut), et, d'autr
radical glycol se retrouve aussi dans la leucine et dans l'acid
ou oxycaproïque, qui concourt à la former et dont elle est l
aurait alors :

$$2C^6H^{13}AzO^2 + 2H^2O + 2O = 2C^5H^{15}AzO^2 + 2CO^2$$

Leucine. Neurine.

Quoi qu'il en soit, l'endroit où s'unissent ces différentes substances pour constituer la lécithine (sang, organes) est encore indéterminé.

I. Cystine et Taurine. — Ces deux substances se distinguent des précédentes par la présence du soufre. Elles proviennent certainement de la désassimilation des matières albuminoïdes, et doivent être en relation intime l'une avec l'autre et avec la formation de l'acide taurocholique (voir : *Acides biliaires*). La *cystine*, $C^3H^7AzSO^2$, est très-voisine d'une substance, la *sérine*, $C^3H^7AzO^3$, qui se trouve dans la soie, et dont elle ne diffère que par le remplacement d'un atome d'oxygène par un atome de soufre. La sérine elle-même peut être considérée comme un dérivé de l'acide glycérique ou oxylactique.

$$\underset{\text{Ac. glycérique.}}{C^3H^6O^4} + AzH^3 - H^2O = \underset{\text{Sérine.}}{C^3H^7AzO^3}$$

La *taurine*, $C^2H^7AzSO^3$, est un amide de l'acide iséthionique, isomère de l'acide sulfovinique ou éthylsulfurique.

$$\underset{\text{Ac. iséthionique.}}{C^2H^6SO^4} + AzH^3 - H^2O = \underset{\text{Taurine.}}{C^2H^7AzSO^3}$$

Il est possible, sans qu'on e ait la démonstration, que la cystine soit le produit de désassimilation intermédiaire pour arriver à la taurine.

Ammoniaque. — L'ammoniaque, AzH^3, est le dernier terme de décomposition des matières azotées. Mais, à l'état normal, il est rare que la désassimilation de ces substances aille jusqu'à la production d'ammoniaque et nous avons vu dans les paragraphes précédents à quels produits intermédiaires s'arrête ordinairement cette désassimilation. On trouve cependant dans l'urine, dans l'air expiré et peut-être dans le sang, des traces d'ammoniaque, mais il est douteux que cette ammoniaque provienne de décompositions qui se passeraient dans le sang ou dans les tissus. Feltz et Ritter, dans leurs expériences, n'ont pas constaté de transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque par l'injection d'urée dans le sang, même en injectant du ferment ammoniacal. Cette ammoniaque proviendrait-elle d'une décomposition dans le tube intestinal d'une petite quantité d'urée passée dans l'intestin avec les sécrétions digestives ?

Il est probable en outre, d'après les recherches de Schultzen et Nencki, qu'une partie de l'urée doit sa naissance à une combinaison de l'ammoniaque formée dans l'organisme avec un facteur azoté de la série cyanique.

$$\underset{\text{Acide cyanique.}}{CAzHO} + AzH^3 = \underset{\text{Urée.}}{CH^4Az^2O}$$

W. v. Knieriem a vu en effet l'ingestion de chlorhydrate niaque augmenter la quantité d'urée.

2° *Produits de désassimilation non azo*

La plupart des produits de désassimilation non azotés peu venir de deux sources: 1° des substances azotées (de l'organis l'alimentation); 2° des matières non azotées, graisses, hydra etc. Il est donc difficile de dire *à priori* si tel produit doit être à l'une où à l'autre origine.

Les termes finaux de la décomposition des produits non a l'acide carbonique et l'eau, comme l'ammoniaque est le te désassimilation des principes azotés; mais là encore la déco s'arrête souvent avant d'arriver à la production d'acide carb d'eau et il en résulte un certain nombre de principes inter plus ou moins riches en carbone et en hydrogène.

A. Acides gras volatils. — Les acides gras volatils, formi que, propionique, butyrique, etc., peuvent provenir, soit de position des graisses (glycérine et acides gras; voir page de la décomposition des hydrocarbonés, ou de l'acide lactiq leurs dépens.

$$C^6H^{12}O^6 = 2C^3H^6O^3$$
Gylcose. Acide lactique.

$$2C^3H^6O^3 + 2O = C^4H^8O^2 + 2CO^2 + 2H^2O$$
Acide lactique. Ac. butyrique.

$$C^4H^8O^2 + 3O = C^3H^6O^2 + CO^2 + H^2O$$
Ac. butyrique. Ac. propionique.

$$C^3H^6O^2 + 3O = C^2H^4O^2 + CO^2 + H^2O$$
Ac. propionique. Acide acétique.

$$C^2H^4O^2 + 3O = CH^2O^2 + CO^2 + H^2O$$
Ac. acétique. Ac. formique.

$$CH^2O^2 + O = CO^2 + H^2O$$
Ac. formique. Ac. carbonique. Eau.

En outre, les acides gras volatils se produisent aussi dans position des substances albuminoïdes, de sorte qu'une pa acides, encore indéterminée, provient de la désassimilation tances azotées.

B. Acides lactique, oxalique, etc. — *L'acide lactique,*

dépens des hydrocarbonés (glycose), sous l'influence de la
on lactique.

$$C^6H^{12}O^6 = 2C^3H^6O^3$$

Glycose. Acide lactique.

e lactique est produit principalement dans les muscles et
ent par la décomposition de la glycose fabriquée dans le foie
e aux muscles par le sang (voir : *Glycogénie*), et peut-être
dépens de la substance glycogène du muscle et de l'inosite,
- $2H^2O$, ou sucre musculaire. Cet acide lactique est ensuite
la circulation et probablement décomposé pour fournir de
bonique et de l'eau.

oxalique, $C^2H^2O^4$, peut provenir aussi bien des substances
e des substances non azotées. Ainsi la créatine et deux des
e l'acide urique, l'allantoïne et l'acide oxalurique, donnent
à l'acide oxalique, et Wöhler et Frerichs ont vu l'ingestion
que augmenter la quantité d'oxalate de chaux de l'urine.

$$C^4H^9Az^3O^2 + 2O = C^2H^2O^4 + C^2H^7Az^3$$

Créatine. Ac. oxalique. Méthyluramine.

$$C^4H^6Az^4O^3 + 5H^2O = 2C^2H^2O^4 + 4AzH^3$$

Allantoïne. Acide oxalique.

$$C^3H^4Az^2O^4 + H^2O = C^2H^2O^4 + CH^4Az^2O$$

Acide oxalurique. Ac. oxalique. Urée.

ses fournissent aussi de l'acide oxalique (voir page 201) et
même des hydrocarbonés :

$$C^6H^{12}O^6 + 5O = 2C^2H^2O^4 + 2CO^2 + 5H^2O$$

Glycose. Acide oxalique.

état normal, la production d'acide oxalique dans l'organisme
itée et c'est à peine si on en trouve une petite quantité
e (sous forme d'oxalate de chaux) ; habituellement la décom-
s substances qui lui ont donné naissance n'en reste pas là
oxydation ultérieure, l'acide oxalique se transforme en acide
et en eau :

$$C^2H^2O^4 + O = 2CO^2 + H^2O$$

xalique peut aussi provenir de la décomposition des acides
t de l'alimentation végétale.

e formation de l'acide oxalique est tout à fait inconnu.

es aromatiques, comme l'acide benzoïque, peuvent provenir
doublement des albuminoïdes.

raisons, au contraire, tendraient à faire croire que la c
doit pas être considérée uniquement comme un produit
lation. En effet, la cholestérine se rencontre en assez
tion dans l'œuf et les tissus de nouvelle formation; elle
presque toujours la lécithine qui est pour elle un
peut-être, comme le croit Beneke, faudrait-il lui attribu
cation plus élevée (histogénétique ?) que celle d'un sim
désassimilation.

D. Acide carbonique. — L'*acide carbonique*, CO^2, est
degré ultime de la décomposition des principes de désa
azotés. Seulement, comme on a vu que ces principes p
partie des albuminoïdes, une partie de l'acide carboni
quart environ, provient de ces dernières substances; le
par les hydrocarbonés, les graisses et, accessoirement,
végétaux. Ainsi, si l'on évalue le carbone total éliminé
281gr,20, 64gr,18 proviendront du carbone des albu
page 500).

Cet acide carbonique se forme probablement partout
tissus et dans tous les organes ; mais c'est dans les m
que sa production est la plus active; c'est là le foyer véri
gement d'acide carbonique dans l'organisme.

E. Eau. — L'eau représente aussi, comme l'acide carb
termes ultimes de la série des désassimilations. Mais la
formée dans l'organisme est très-faible. Cette eau est
formée en grande partie par oxydation et c'est à cette
doit être employé l'oxygène qui disparaît dans l'acte de
En effet, le volume de l'acide carbonique expiré est plu
volume de l'oxygène inspiré, et cependant si tout l'ox

3° *Sels.*

CARBONATES. — Une partie seulement des carbonates se forme dans anisme, le reste provient directement de l'alimentation. Les acides taux ingérés avec les aliments constituent la source principale de mation des carbonates; des expériences nombreuses ont montré les acides organiques, malique, ...ique, etc., ingérés ou injectés le sang, sont décomposés et ...formés en carbonates. Aussi le et l'urine des herbivores son... plus riches en carbonates que des carnivores. La même tran...ation est subie par les acides liques qui prennent naissance ...ns l'organisme même par l'effet ces nutritifs (acide lactique, o...anique, etc.).

PHOSPHATES. — Les phosphates proviennent presque exclusive- de l'alimentation, sauf une petite partie qui peut provenir de la similation de la lécithine (acide phosphoglycérique).

SULFATES. — Une partie des sulfates éliminés provient évidemment oufre des matières albuminoïdes, et il est très-probable que la ne et la taurine représentent des produits intermédiaires de cette similation. E. Salkowsky a obtenu, par l'ingestion de la taurine, ésultats variables suivant l'espèce animale; une partie passe inal- dans l'urine, tandis qu'une autre partie était décomposée et formée en sulfates (lapin). Chez l'homme, les sulfates ne sont pas entés, mais on trouve dans l'urine un corps, $C^3H^8Az^2SO^4$ (acide carbamique) qui, chauffé avec l'eau de baryte dans un tube scellé, nsforme en taurine, acide carbonique et ammoniaque.

$$\underset{\text{Ac. taurocarbamique.}}{C^3H^8Az^2SO^4} + H^2O = \underset{\text{Taurine.}}{C^2H^7AzSO^3} + CO^2 + AzH^3$$

près Schultzen, l'acide sulfurique se séparerait des albuminoïdes ne) sous forme d'acide sulfamique, H^2AzSO^2, qui se décomposerait mmoniaque et en acide sulfurique. L'ammoniaque s'unirait à l'acide mique, CH^3AzO^2, pour former de l'urée :

$$CH^3AzO^2 + AzH^3 = CH^4Az^2O - H^2O$$

lfates sont éliminés par l'urine.

...t le soufre provenant de la désassimilation des substances albu- ...des ne s'élimine pas à l'état de sulfates. Sertoli et, après lui, Löbisch lkowsky ont trouvé dans l'urine un corps contenant du soufre et 'a pu encore être isolé.

...'épargne. — On attribue à quelques substances, alcool, a du Pérou, maté du Brésil, la faculté d'enrayer la désas- ...t **de diminuer** les décompositions internes de l'organisme;

sur les *Modifications chimiques que subissent les sécrétions sous l'in*
ques agents qui modifient le globule sanguin, 1872. — W. Bᴇɴᴇᴋᴇ :
Pathologie des Stoffwechsels, 1874. — Voir en outre les *Traités*
siologique et les *Recueils de chimie* pour les travaux de Bᴏᴜssɪɴɢ
Dᴜᴍᴀs, etc.

Article second. — Physiologie du mou

Les organismes vivants sont des producteurs de
Ces forces vives, comme on l'a vu dans les prolé
sont en réalité que des modes divers de mouvement,
qui se dégage tantôt sous forme de travail mécaniqu
tantôt sous forme de chaleur ou d'électricité, tantô
cette forme plus obscure et plus mystérieuse encor
on donne habituellement le nom de force nerveuse
vation.

1. — PRODUCTION DE TRAVAIL MÉCANIQUE.

Le travail mécanique est produit dans l'organi
muscles, qui constituent les organes *actifs* du mou
conditions générales de la contraction musculaire
étudiées dans la Physiologie générale ; il ne s'agira
des muscles considérés comme moteurs mécaniques
qu'ils produisent, comme forces motrices, par leur
aux parties mobiles du corps et en particulier aux di

[redacted]

, malgré les remarquables travaux des frères Weber, ltz, de Marey, de Giraud-Teulon, et de quelques autres istes, la théorie mathématique des mouvements dans ne animal reste encore à faire. Ainsi, pour ne citer qu'un il est bien démontré aujourd'hui que les surfaces arti- l'appartiennent jamais à des courbures parfaitement es et mathématiquement calculables ; elles ne sont imativement sphériques, c driques, hélicoïdes, etc., r conséquent à peu près ssible de les faire ren- une formule générale.

sances musculaires s'appli nt non-seulement sur les ides constitués par les o our produire les mouve- tiels ou totaux du corps, ...is ils s'appliquent encore es liquides, comme dans la circulation du sang, soit sses gazeuses, comme dans la ventilation pulmonaire, ue la même puissance, la contraction musculaire, dé- s effets très-différents suivant la disposition de l'appa- quel la puissance est appliquée.

1° STATION ET LOCOMOTION.

isme humain est composé en grande partie d'organes s mous, peu résistants, incapables par eux-mêmes de la forme du corps contre les puissances extérieures et lier contre la pesanteur. Cette rigidité, cette persis- a forme, indispensables aux diverses manifestations de itale, le corps les doit aux os dont l'ensemble cons- quelette. Ces os sont articulés entre eux de façon à des déplacements partiels ou totaux de l'organisme nts partiels des membres, mouvements de locomotion, que la résistance et la solidité du tout soient com-

anique du squelette et la mécanique articulaire sont ntielles à connaître quand on veut étudier le méca- la station et de la locomotion. Mais la physiologie des articulations est si intimement liée à l'anatomie de ces u'il est impossible de les étudier à part, et cette étude est les traités d'anatomie auxquels je renvoie, tant pour la e générale des articulations que pour celle des diverses

articulations prises en particulier. (Voir : Beaunis et
Anatomie, 2e édition, page 128.)

1. — MÉCANIQUE MUSCULAIRE.

Quand deux os sont réunis par une articulation et qu'
va de l'un à l'autre, il peut se présenter deux cas : c
muscle est rectiligne ou bien il est réfléchi.

Dans le premier cas, si le muscle est rectiligne, le
se contractant, tendra à rapprocher ses deux points
et la résultante du raccourcissement de toutes ses fib
être représentée par une ligne idéale qui figure
quement le muscle lui-même et sa direction. Les c
aussi être représentés par des lignes idéales figurant l'
Le muscle, en se contractant, exerce une traction éga
deux points d'insertion, et tend à les déplacer l'un v
d'une quantité égale ; mais les obstacles qui s'opposen
placement peuvent différer à chacun des deux points
de façon que l'un d'eux peut se déplacer seulement d'
tité très-faible ou même rester immobile ; de là la dist
insertions d'un muscle en *insertion fixe* et *insertio*
mais ces mots n'ont en réalité qu'une valeur toute rel
sertion fixe pourra dans certaines circonstances deveni
mobile et *vice versa* ; cependant pour la plupart de
une des insertions joue le plus habituellement le rôl
fixe, et c'est en général celle qui est la plus rapproch
du tronc ou de la racine des membres.

Si le muscle est réfléchi, il pourra arriver deux c
bien le point de réflexion est mobile et les insertions
alors ce point de réflexion se rapprochera d'une droit
les deux points d'insertion du muscle ; c'est de c
qu'agissent les muscles curvilignes à insertions fixe
priment les organes contenus dans une cavité ; 2° ou bi
de réflexion est fixe ; alors chacune des insertions se rap
point de réflexion et nous rentrons dans le cas des mu
rection rectiligne ; ici du reste, comme ci-dessus, une des
du muscle peut être fixe, et l'autre se rapproche seule d
réflexion ; dans ce cas, le muscle peut, au point de v
logique, être considéré comme partant de son point de

[redacted]

Si maintenant nous examinons les différentes positions qu'un muscle en état de contraction peut imprimer à un os mobile par rapport à un os fixe, nous trouverons les cas suivants (*fig.* 85) :

1° *Le muscle fait avec l'os mobile un angle aigu*, MM'A (*fig.* 85, I). Le muscle MM' tire le point mobile M' dans la direction M'M; il représente une force qu'on peut décomposer en deux composantes: 1° l'une M'*a*, parallèle à l'os mobile et se confondant avec son axe, tend à presser cet os contre l'os fixe dans l'articulation A; cette partie de la force est donc complètement perdue pour le mouvement; 2° l'autre composante M'*b*, perpendiculaire à l'os mobile, entraîne le point mobile M' dans la direction M'*b*; celle-là est seule utile. En comparant les deux figures I et I', on voit que plus l'angle intercepté par les deux os est obtus, plus il y a de force perdue, et qu'à mesure que cet angle se rapproche d'un angle droit, la quantité de force utilisée M'*b* devient plus grande.

2° *Le muscle fait avec l'os mobile un angle droit* (II). Dans ce cas toute la force est utilisée, et le point mobile M' est tiré dans la direction même du muscle M'M; c'est ce qu'on appelle le *moment* d'un muscle.

3° *Le muscle fait avec l'os mobile un angle obtus* AM'M (III). Nous retrouvons là encore les deux composantes comme dans le premier cas : 1° l'une M'*a*, tire le point mobile M' dans la direction M'*a*, et tend à écarter

...s d'un os mobile ...un os fixe.



connaît la force du muscle. Il suffit en effet de don
MM′ la valeur de la force du muscle et de construir
des forces comme dans les figures ci-jointes; on
diatement la valeur des deux composantes M′a et M
rant leur longueur à celle de la diagonale du recta

Il est important de remarquer que, suivant qu'un
au début ou à la fin de sa contraction, il y aura
surfaces articulaires les unes contre les autres o
l'écartement de ces surfaces. Beaucoup de muscl
pas par les trois positions que nous avons étudié
d'agir ayant d'avoir atteint leur moment, c'est-à-di
leur traction s'exerce perpendiculairement à l'os
qu'il en soit, tous les mouvements imprimés à un c
traction d'un muscle, peuvent être ramenés à un
précédents.

Nous avons supposé un muscle tendu sur une s
tion et allant d'un os à l'os contigu; mais il y a
tendus sur plusieurs articulations et dont les cont
vent par conséquent s'exercer sur plusieurs os à
problème est plus complexe; on peut toujours, il e
cier l'action d'un muscle sur une articulation donn
sant toutes les autres fixes et les passer ainsi en r
après les autres; mais on n'a pas là ce qui se pa
et ces mouvements, que nous supposons se faire s
se font simultanément et se modifient les uns les a

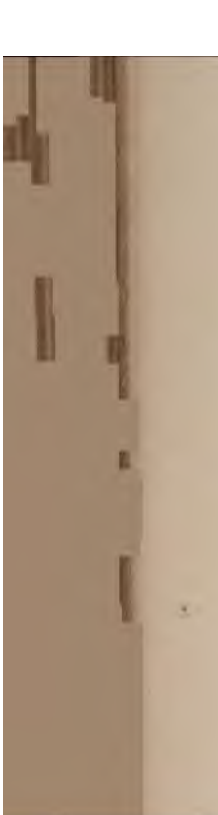
Dans tous ces mouvements, l'os mobile représ

actions de la pesanteur et des obstacles au déplacement de l'os mobile (résistance des antagonistes, tension des parties molles, etc.), et suivant les positions respectives de ces trois points, l'os mobile représentera un levier du premier, du deuxième ou du troisième genre.

Dans le levier du premier genre, le point d'appui se trouve entre la puissance et la résistance. C'est ce qui arrive, par exemple, dans l'équilibre de la tête sur la colonne vertébrale ; le point d'appui correspond à l'articulation occipito-atloïdienne ; la résistance se trouve en avant de l'articulation, sur une perpendiculaire abaissée du centre de gravité de la tête qui par son poids tend à s'incliner en avant ; la puissance est en arrière, au point d'insertion des muscles de la nuque. La colonne vertébrale, dans ses différentes pièces, le tronc sur le bassin, la jambe sur le pied représentent un levier du troisième genre. Le levier du premier genre peut être appelé le *levier de la station*. Il se présente exceptionnellement, chez l'homme, dans certains mouvements ; ainsi dans le mouvement d'extension de l'avant-bras sur le bras, le point d'appui est à l'articulation du coude, la puissance derrière l'articulation à l'insertion du triceps, la résistance (poids de l'avant-bras) en avant de l'articulation.

Dans le levier du second genre, la résistance est entre la puissance et le point d'appui. Dans ce levier, le bras de levier (¹) de la puissance est toujours plus long que le bras de levier de la résistance ; ce levier est très-avantageux au point de vue de la force puisque, les forces étant inversement proportionnelles à leurs bras de levier, il suffira d'une force médiocre pour vaincre une résistance considérable ; mais il est désavantageux au point de vue de la vitesse, car les vitesses, ou les déplacements des points d'application des deux forces, sont proportionnelles à leurs bras de levier. Ainsi, si le bras de levier de la puissance = 10 et celui de la résistance = 1, il suffira d'une force égale à 1 kilogramme pour déplacer une résistance de 10 kilogrammes, mais le point d'application de la puissance se déplacera de 10 mètres pendant que celui de la résistance ne se déplacera que de 1 mètre. Le levier du second genre est donc le *levier de la force*. Il ne se présente que rarement dans la machine animale ;

(¹) On appelle *bras de levier* la distance qui sépare le point d'appui du point d'application de la force (puissance ou résistance).



point d'appui et la résistance. A l'inverse du précé
de levier de la résistance est toujours plus considéra
de la puissance, et s'il est avantageux au point d
vitesse, il est désavantageux au point de vue de la
le levier du troisième genre est-il le *levier de la*
aussi celui qui est le plus employé dans les mouv
l'homme. Ainsi dans la flexion de l'avant-bras sur
point d'appui est à l'articulation du coude, la puissan
tion des fléchisseurs (biceps et brachial antérieur),
(poids de l'avant-bras) à la partie moyenne de l'ava
même genre de levier se retrouve dans la plupart de
ments.

Un muscle n'agit jamais seul, tous les segments os
compose le squelette ayant une certaine mobilité les
autres; pour qu'un muscle déplace par une de se
un os donné, il faut que l'autre extrémité soit imm
par suite l'os qui lui donne attache soit fixé par d'au
et ainsi de suite, de proche en proche jusqu'aux parti
du squelette; pour les mouvements peu énergiques, c
n'ayant pas besoin d'être absolue, s'opère soit pa
mécanique de la pesanteur, soit par des contractio
faibles qu'elles passent inaperçues et que tout se
insu; mais cette énergie paraît dans toute son int
nous voulons exécuter un mouvement exigeant un tr
ploiement de force musculaire; alors tous les mus
en contraction, et le squelette forme un tout rigide

Les mouvements produits par la contraction musculaire peuvent être envisagés de deux façons différentes : 1° on peut avoir égard aux mouvements d'un os isolé sur un autre os, autrement dit, aux mouvements qui se passent dans une articulation ; 2° on peut avoir égard aux divers mouvements que peut produire un muscle donné, en le supposant agir isolément.

Les mouvements d'un os sur un autre sont en général le fait, non pas d'un seul, mais de plusieurs muscles dits *congénères* ; c'est ainsi qu'on a pu créer des groupes de fléchisseurs, d'extenseurs, etc., qui agissent probablement tous à la fois dans un mouvement.

Les effets produits par la force musculaire sont très-variables; ce seront tantôt un mouve[illegible] imprimé à un corps en repos, tantôt un changement de for[illegible] d'un corps, tantôt des transformations ou des annihilatio[illegible] mouvement, etc., mais quels qu'ils soient, ces effets peuve[illegible] toujours se réduire à une *poussée* ou à une *traction* et par sui[illegible] valuer en poids, ce qui permet la comparaison avec toute[illegible] autres actions mécaniques. Il est donc facile de mesurer l[illegible] force déployée par un muscle ou par un organisme.

Dans bien des cas, cette f[illegible] peut se mesurer directement à l'aide d'appareils ou *dynam[illegible]tres*, dont le plus usité est le dynamomètre de Régnier. Il [illegible]ompose d'un ressort élastique ovale dont les deux branc[illegible] se rapprochent par la pression dans le sens de son petit axe ou par la traction dans la direction de son grand axe. Le degré de rapprochement des deux branches du ressort (degré correspondant à la force musculaire déployée) est indiqué par la déviation d'une aiguille sur une échelle divisée dont les divisions correspondent à des poids déterminés. D'après [illegible]elet, le maximum de pression, pour un homme de moyenne force, est de 70 kilogrammes; la force développée par la traction est à peu près du double.

Le travail mécanique de l'homme s'évalue habituellement, comme celui des animaux et des machines, en kilogrammètres. Le kilogrammètre ou unité de travail est la quantité de travail nécessaire pour élever 1 kilogramme à 1 mètre de hauteur dans l'unité de temps (en une seconde). En effet, pour connaître l'effet utile d'un mouvement, il ne suffit pas de connaître le travail produit, mais il faut savoir en combien de temps le travail a été

accompli. Or, les observations pratiques ont montré qu'u de force ordinaire peut fournir 7 kilogrammètres au n seconde; mais comme les muscles ne peuvent se contra tinuellement, et qu'un ouvrier ne peut guère dépasser huit heures de travail par jour, on a pour 24 heures de 2,3 kilogrammètres par seconde.

Le travail produit n'est pas le même pour les différe ces animales. Le tableau suivant donne pour l'homm quelques animaux la quantité de kilogrammètres pr huit heures de travail; la dernière colonne donne la q travail par kilogramme d'animal et par seconde.

	Poids moyen.	Travail de 8 heures en kilogrammètres.	Travai et par en kil
	—	—	
Homme	70 kilogr.	316,800	
Bœuf	280 —	1,382,400	
Ane.	168 —	864,000	
Mulet.	230 —	1,497,600	
Cheval	280 —	2,102,400	

La quantité de travail produite varie naturellement façon dont la force musculaire est utilisée.

Cette quantité de travail est bien plus considérable, tivement au poids du corps, chez de petits animaux, les insectes; Plateau, dans ses curieuses expériences su a vu que certains insectes peuvent traîner 20 (abeille), neton) et jusqu'à 40 fois leur poids.

2. — STATION.

On appelle station cet état d'équilibre du corps dans peut se maintenir un certain temps sans se déplacer. I sieurs espèces de station, suivant l'attitude prise par l'o station debout, station assise, décubitus ou station cou mais, dans toutes, la condition essentielle pour l'équil station c'est que la perpendiculaire abaissée du centre du corps tombe dans la base de sustentation, et le ma stabilité est atteint quand cette perpendiculaire rencont tre même de la base de sustentation. On sait qu'on ap de sustentation le polygone formé par la réunion d

:trêmes par lesquels le corps touche le sol. J'insisterai sur la station droite, la plus importante de toutes, et lyse suffira pour faire comprendre facilement toutes

ois conditions essentielles à considérer dans la station centre de gravité du corps, la base de sustentation et :on dont la ligne de gravité est maintenue dans la base ation.

e de gravité du corps. — Le centre de gravité du être déterminé expérimentalement par les mêmes propour tous les autres corps solides. Borelli faisait coucher e sur une planche placée en équilibre sur un couteau comme un fléau de balance, de façon que la planche gée restât en équilibre; le centre de gravité se trouvait in passant par l'arête du couteau; la situation du cenwité dans le plan antéro-postérieur et surtout dans le verso-vertical (frontal) est plus difficile à déterminer talement; cependant on peut y arriver en partie pra-, en partie par des raisons théoriques. Le centre de corps se trouve au niveau du promontoire (E. Weber), Meyer, dans le canal de la deuxième vertèbre sacrée. déterminer de la même façon les centres de gravité ntes parties du corps. Ainsi le centre de gravité du jambes enlevées) se trouve sur la ligne qui va de l'apphoïde à la 8e vertèbre dorsale (la 10e d'après Horner), plan transversal qui passe un peu en arrière de l'axe les fémurs.

tion du centre de gravité du corps varie naturellement position qu'on donne au corps et à ses différentes parties plus suivant les fardeaux dont on le charge et la façon fardeaux sont portés. De là les attitudes diverses prises :as suivant le mode de chargement, attitudes qui ont ır but de ramener la ligne de gravité dans la base de ›n; de là ces mouvements de compensation si marqués ıand la base de sustentation est très-étroite, comme dans sur un seul pied ou dans les expériences d'équilibre.

de sustentation. — La base de sustentation est cons- la station droite ordinaire uniquement par les pieds, et andeur suivant l'écartement des pieds. Cette base de sus- s'agrandit singulièrement, et avec elle la stabilité, dans

tudes, comme dans la station accroupie. Pour qu
puisse se prolonger, il faut donc que d'autres cond
viennent et que l'action musculaire soit réduite a
Ces conditions se rencontrent dans la disposition m
culations combinée avec l'action de la pesanteur
articulations du tronc et des jambes sont maintenu
tension par le poids même des divers segments du co
que le corps représente un tout rigide en équilibre s
et supporté par la voûte plantaire.

Cette rigidité se produit de la façon suivante d
rentes articulations qui représentent toutes des lev
mier genre.

La tête est en équilibre sur l'atlas et son centr
tombe un peu en avant de l'axe de rotation de
occipito-atloïdienne; ici les muscles de la nuque i
mais l'effort qu'ils ont à faire est très-faible à cause
longueur du bras de levier de la résistance (distance
de gravité à l'articulation).

L'action musculaire intervient aussi dans le ma
rectitude du rachis, surtout dans certaines conditions,
après le repas, le poids des viscères tend à l'inclin
en avant.

Le centre de gravité du tronc tombe un peu e
l'axe de rotation des fémurs; mais la chute du cor

Dans l'articulation du genou, le centre de gravité des parties supérieures du corps tombe très-peu en arrière de l'axe de rotation, et l'articulation est maintenue dans l'extension par le tenseur du *fascia lata* et sa bandelette aponévrotique et par le triceps fémoral.

Tout le corps, jusqu'à l'articulation tibio-tarsienne, forme ainsi un tout rigide dont la solidité est maintenue pour une grande partie par la tension même des ligaments et pour une faible part par l'action musculaire, et ce tout rigide est en équilibre sur l'astragale ; mais cet équilibre est très-instable, car le centre de gravité du système se trouve bien au-dessus du point d'appui, puisqu'il est situé au niveau du promontoire.

Aussi, à cause de la long[illegible] du levier, les plus faibles déplacements dans l'articulatio[illegible]bio-tarsienne se traduisent-ils à l'extrémité du levier, c'est [illegible]ire à la tête, par des oscillations d'une amplitude considéra[illegible] Ces oscillations peuvent être enregistrées directement si on [illegible]apte au sommet de la tête un pinceau vertical qui trace sur [illegible] papier tendu horizontalement au-dessus du sujet en expérien[illegible]es mouvements de va-et-vient ou d'oscillation que le corps e[illegible]ute pendant la station. Il est facile de mesurer ainsi les déplac[illegible]ents que subit le centre de gravité du corps. Ces oscillations s[illegible] dues évidemment à des contractions musculaires inconscientes (et peut-être aussi aux mouvements de la circulation et de la respiration) et surtout aux contractions des muscles de l'articulation tibio-tarsienne. Ce sont en effet ces muscles qui rétablissent à chaque instant l'équilibre et ramènent dans la base de sustentation la ligne de gravité du corps qui tend à s'en écarter, et, malgré la précision des contractions musculaires, il est bien difficile que la contraction ne dépasse pas quelquefois la limite voulue. La sensibilité musculaire, ou mieux le sens musculaire joue donc un rôle essentiel dans la station, puisque c'est par lui que nous avons la notion du degré de contraction nécessaire pour rétablir l'équilibre (voir : *Sens musculaire*).

Mais la sensibilité musculaire n'intervient pas seule dans le maintien de l'équilibre dans la station ; deux autres ordres de sensations interviennent aussi, des sensations tactiles d'une part, des sensations visuelles de l'autre.

L'astragale qui supporte tout le corps repose sur la voûte [illegible] et, par conséquent, sur la peau du talon d'une part et

voulue pour l'équilibre dans la station. Aussi voit-o
sensibilité de la peau de la plante du pied est ém
exemple par un bain froid ou à la suite de maladies,
tions du corps augmenter d'amplitude, et par conséqu
lité de l'ensemble diminuer.

Les sensations visuelles ont un effet analogue ; la f
objets qui nous entourent rend la station plus stabl
l'équilibre ; les oscillations augmentent d'amplitude d
rité ou quand on ferme les yeux, et cette amplitude
degré considérable quand, comme dans certaines
l'ataxie locomotrice par exemple, la sensibilité mu
en même temps abolie.

On admet en général deux modes principaux de sta
la station symétrique et la station insymétrique.

Dans la *station symétrique*, le poids du corps re
ment sur les deux jambes et le centre de gravité
trouve dans un plan antéro-postérieur qui partage l
deux moitiés symétriques. Dans ce mode de statio
donne habituellement pour type la *position milita*
musculaire joue un rôle considérable, aussi ne pe
maintenue longtemps sans fatigue.

Dans la *station insymétrique* ou *station hanchée*,
corps repose sur une seule jambe, placée dans l'ext
centre de gravité du corps tombe sur l'articulation tib
de ce pied. L'autre jambe un peu fléchie, placée or

dent, puisqu'il exige beaucoup moins d'action musculaire ; aussi les oscillations y sont-elles beaucoup plus faibles que dans la station symétrique. La position hanchée est la position naturelle, celle que nous prenons instinctivement quand la station se prolonge au delà de certaines limites.

3. — LOCOMOTION. — MARCHE ET COURSE.

Il est absolument impossible dans un ouvrage élémentaire, d'étudier en détail les mouvements multiples que le corps humain peut exécuter par l'action des muscles sur les diverses pièces du squelette. Les *mouvements partiels* ou *sur place*, quelque compliqués qu'ils soient, peuvent toujours être analysés avec facilité quand on connaît exactement la physiologie des articulations et l'action des muscles ou groupes musculaires qui meuvent une articulation donnée, et les éléments de cette étude se trouvent dans tous les traités d'anatomie. Quant aux *mouvements d'ensemble* ou de *locomotion* proprement dits, tels que la marche, la course, le saut, la natation, etc., on se bornera ici à donner une idée générale de la marche et de la course, renvoyant pour le reste aux traités spéciaux de gymnastique médicale.

1° *Marche.*

Procédés d'exploration. — Les frères Weber ont appliqué les premiers des procédés rigoureux et précis pour observer et mesurer les divers mouvements de la marche et de la course. Mais les procédés les plus exacts ont été employés par Marey, qui a imaginé plusieurs appareils pour enregistrer directement ces mouvements. Les principaux appareils de Marey sont les suivants : 1° une *chaussure exploratrice* destinée à enregistrer la pression du pied sur le sol ; l'intérieur de la semelle contient une chambre à air qui communique avec le tambour du polygraphe ; à chaque pression du pied sur le sol, l'air est comprimé dans cette chambre à air, et cette pression, transmise à l'air du tambour, soulève le levier du polygraphe ; 2° un *appareil explorateur des oscillations verticales* ; il est formé par un tambour à levier placé sur une planchette qu'on assujétit au-dessus de la tête du sujet en expérience : le levier du tambour est chargé d'une masse de plomb qui [illegible] inertie ; quand le corps s'élève en oscillant verticalement,

la masse de plomb résiste et force la membrane du tambour à s
la pression se transmet au levier du tambour du polygraphe qu
le contraire arrive quand le corps descend; 3° un *cylindre en*
portatif avec deux tambours qui communiquent chacun ave
appareils précédents; le sujet en expérience porte ces différe
reils et peut ainsi enregistrer les mouvements de la marc
course, du saut, etc., à différentes vitesses et dans toutes les
possibles. Les tracés des figures 88 et 89, empruntés à Mare
pris avec ces appareils. (Voir, pour les détails, le travail de C
Machine animale de Marey.)

La marche se distingue de la course par ce que le
quitte jamais le sol. Chaque jambe porte alternativemen
du corps et le pousse en avant de façon à déterminer le
ment de progression en faisant changer à chaque instant la base de sustentation.

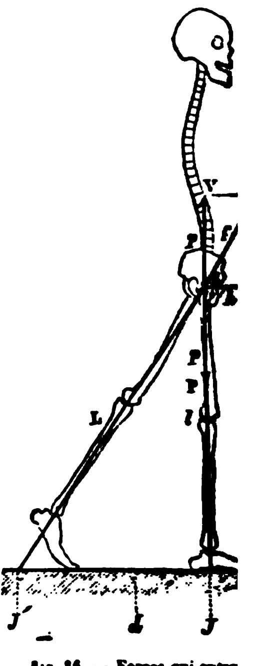
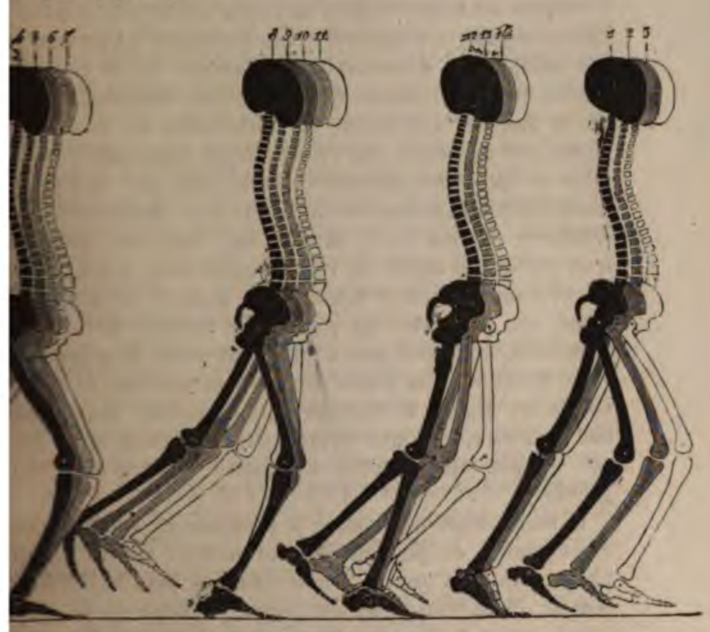


Fig. 86. — Forces qui entre dans la marche.

Si (*fig.* 86) nous décomposons les forces qui entrent en action dans la marche, G représentant le centre de gravité du corps, nous voyons que deux forces agissent sur ce centre de gravité, G : 1° l'une, représentée par la jambe JG, fait équilibre à la pesanteur ; 2° l'autre, produite par l'extension de la jambe J'G, pousse le centre de gravité dans la direction GF, et peut se décomposer en deux composantes, l'une verticale, GV, qui tend à porter en haut le centre de gravité ; c'est à elle qu'est due la légère oscillation verticale constatée dans la marche; l'autre horizontale, GH, qui détermine la progression. Les deux jambes représentent alors un triangle dont l'hypothénuse J'G est constituée par la jambe postérieure étendue, la perpendi
ou le grand côté, par la jambe qui supporte le poids du

J'J représente la longueur d'un pas. Cependant Marey cette longueur comme un demi-pas seulement et nom de *pas* à la *série de mouvements qui s'exécutent x positions semblables d'un même pied.*
ien comprendre les actes successifs de la marche, il est able d'analyser à part les mouvements des jambes et

vements des jambes. — Au début du pas, l'une des *ambe portante* ou *active*, est située au-dessous du centre é du corps, l'autre, *jambe oscillante*, est placée plus en omme dans la figure 86. A partir de cette position, cha- deux jambes prend les positions suivantes pendant la un pas (*fig.* 87).



. — Positions successives des deux jambes pendant la durée de la marche.

nbe portante s'étend peu à peu dans l'articulation du à 11) et commence à pousser le tronc en avant; puis dernière période, qui commence au moment où son

elle est portée et *entraînée en avant* par le mouvem
elle décrit donc, pendant ce mouvement d'oscillatio
pas (pas simple de Marey).

D'après les frères Weber, la jambe oscillerait com
dule composé, et d'après des lois purement physiq
des oscillations dépendrait uniquement de la lo
jambe, et l'isochronisme des oscillations assurerait
de la marche. Cependant les recherches de Ducl
Carlet, ont démontré que l'intervention musculaire
table et qu'il est impossible de la nier, par exe
psoas iliaque et le tenseur du *fascia lata* (flexion d
couturier (flexion de la jambe), etc. Mais les for
n'en jouent pas moins un rôle essentiel dans la ma
gnent d'autant l'action musculaire; ainsi la pressi
rique, qui maintient au contact les surfaces artic
fémorales, fait à peu près équilibre au poids de la ja

Le moment où la jambe oscillante se pose sur le
les divers modes de marche lente ou rapide; mais
che ordinaire, la jambe termine son oscillation et
sol un peu après qu'elle a dépassé la verticale
gravité.

Si maintenant on examine la simultanéité des mo
deux jambes, ce qui peut surtout se faire par la
phique, on voit que la durée d'un pas peut se di
temps: 1° un temps pendant lequel les deux pieds
le sol, temps de *double appui*; 2° un temps penda

à s'y poser. La figure suivante représente, d'après
raphique de la marche (marche assez rapide).



Fig. 88. — Graphique de la marche. (Marey.)

ement du tronc. — Pendant la marche, le tronc est
t incliné en avant et cette inclinaison augmente avec
de la marche. Les frères Weber avaient comparé cette
à celle d'une tige qu'on tient en équilibre sur le bout
endant qu'on marche ou qu'on court; mais Duchenne
nt prouvé que, contrairement à l'opinion de Weber,
sculaire intervient aussi dans cette inclinaison.
mouvement de progression dans le sens horizontal, le
ute aussi de légères oscillations verticales; mais ces
, tracées en O (*fig.* 88), sont à peine marquées et le
sensiblement à la même hauteur. D'après Weber, ces
s ne dépassent jamais 32 millimètres.
tronc, entraîné par la jambe qui oscille, accomplit dans
rizontal un mouvement de rotation, comparable à une
ulis, mouvement pendant lequel il s'incline en même
l se tord suivant l'axe du rachis; ce mouvement, bien
ué quand les bras sont collés au corps, est diminué par
ments de compensation des bras qui oscillent en sens
la jambe du même côté. Les mouvements du tronc et
en particulier ont été bien étudiés et analysés par
mémoire duquel je renvoie.
se de la marche dépend de deux conditions princi-
a longueur et de la durée du pas.
gueur du pas. — Dans le triangle rectangle JGJ'

D, mouvements du pied droit. — G, mouvements du pied gauche. — O, oscilla-
. L'ascension des courbes D et G correspond au moment où les pieds appuient
escente des courbes au moment où les pieds sont détachés du sol.

(*fig.* 86, p. 552), où J'J représente la longueur du pas,
tant plus considérable que JG sera plus court et l'hyp
plus longue. La longueur du pas sera donc plus gra
jambe portante JG se fléchit pour abaisser le poin
tronc est-il d'autant plus bas qu'on marche plus vite
jambe étendue J'G est plus longue; les personne
jambes et à grand pied font de plus grandes enjamb

2° *Durée* ou *nombre des pas.* — La durée du p
diminuée de deux façons: 1° en diminuant la duré
lation de la jambe, ce qui peut se faire, soit en flé
tement la jambe, ce qui rend son oscillation plu
pendule étant plus court), soit en arrêtant plus rapi
cillation et en posant le pied à terre dès que la jam
atteint la verticale du centre de gravité; 2° en diminu
pendant lequel les deux jambes touchent le sol;
haut que ce temps peut même être réduit à 0 (fait
par Carlet).

Le tableau suivant donne, d'après Weber, les rapp
et la longueur du pas et la vitesse de la marche :

Durée du pas en secondes.	Longueur du pas en millimètres.	Vitesse d... seconde...
—	—	—
0,335	851	2,3
0,417	804	1,9
0,480	790	1.6
0,562	724	1,2
0,604	668	1.1
0,668	629	9
0,846	530	6
0,966	448	4
1,050	398	3

2° *Course.*

On a vu tout à l'heure que, dans la marche trè
temps pendant lequel les deux jambes touchent le s
réduit à 0, de façon que le tronc ne repose jamais
seule jambe ; cette marche rapide représente une s
médiaire entre la marche ordinaire et la course. Dans
effet, il y a un temps pendant lequel les deux jambe

sol et le tronc suspendu en l'air. Les principaux points
els le mécanisme de la course diffère de celui de la
ont les suivants.

uvement d'extension de la jambe est beaucoup plus fort
la marche, de sorte que le tronc se trouve projeté en
détaché du sol; les deux jambes, devenues libres, sui-
nouvement de translation du corps en avant et oscillent
temps d'arrière en avant; pendant ce temps de suspen-
ambe qui a donné l'impulsion est située un peu en arrière
et quand celle-ci se pose sur le sol pour projeter à son
onc en avant et en haut, la première continue son mou-
l'oscillation.

ps exécute aussi, pendant la course, des oscillations ver-
i, d'après Weber, seraient plus faibles que dans la mar-
erait le contraire d'après les tracés de Marey (*fig.* 89).



Fig. 89. — Graphique de la course (course peu rapide; Marey).

llations verticales correspondraient non aux *levés*, mais
uis; le corps commencerait à s'élever au moment où le
ppe le sol, atteindrait son maximum d'élévation au mi-
'appui du pied, et redescendrait pour tomber à son mini-
moment où le pied, se lève et avant que l'autre pied ait
le sol. Il n'y aurait donc pas de saut ou de projection
du corps en haut comme le comprenait Weber. Le temps
ension tiendrait seulement à ce que les jambes se retirent
ar l'effet de leur flexion, au moment où le corps se trouve
aximum d'élévation.

esse de la course peut aller jusqu'à quatre mètres et
plus par seconde; des coureurs peuvent même parcourir
tres par seconde, mais sans pouvoir soutenir cette vitesse.

ation suivante résume les différences de la marche ordinaire,

de la marche très-rapide et de la course, d'après les données p
dentes, pendant la durée de deux pas (un pas de Marey); les lettr
G représentent les jambes droite et gauche; les lettres O et P, la
oscillante et la jambe portante.

Marche.	D —	P O P P P O P P
	G —	P P P O P P P O
Marche rapide	D —	P O P O
	G —	O P O P
Course.	D —	P O O O P O O O
	G —	O O P O O O P O

Bibliographie. — J.-A Borelli : *De Motu animalium*, 1680. — Barth
velle mécanique des mouvements de l'homme et des animaux, 17… —
Mémoire sur la marche (Journal de physiologie de Magendie, 18…). —
W. Weber : Mécanique de la locomotion, dans : *Encyclopédie anatomiqu*
— Maissiat : *Etudes de physique animale*, 1843. — Michel : *Des Muscles d*
au point de vue de la mécanique animale, 1846. — Giraud-Teulon : *Prin*
mécanique animale, 1858. — Duchenne : *Physiologie des mouvements*,
Carlet : *Essai expérimental sur la locomotion humaine*, 1872. — Marey :
chine animale, 1874. — Pettigrew : *la Locomotion chez les animaux*, 18…

2° MÉCANIQUE RESPIRATOIRE.

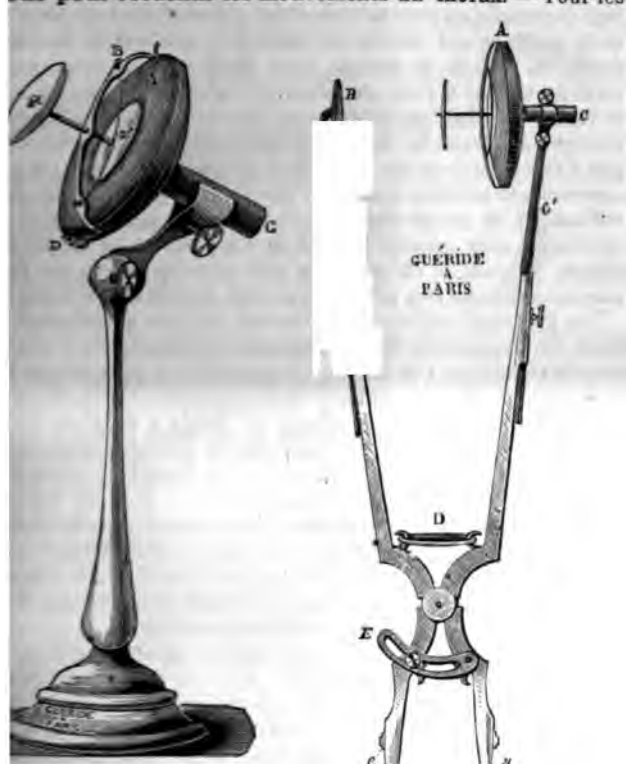
Procédés. — A. Mensurations. — Les mensurations, soit
ruban métrique, soit avec le compas d'épaisseur, ne peuvent d
renseignements sur les mouvements de la cage thoracique. Elles
vent que donner la circonférence ou les diamètres du th
moment donné. A ce point de vue, le meilleur instrument est le
mètre de Woillez; c'est un ruban métrique constitué par l'ass
de pièces solides articulées entre elles et qui conservent, apr
application, la forme de la circonférence thoracique.

B. Procédés d'enregistrement des mouvements du thorax.
appareils imaginés pour enregistrer les mouvements respira
thorax sont très-nombreux et il est impossible de les décrire.
Ces instruments se divisent en trois classes: les uns s'appli
deux extrémités opposées d'un diamètre du thorax, les autres
la circonférence thoracique, les derniers enfin au diaphragme: l
miers enregistrent l'expansion diamétrale du thorax, les secon
pansion circonférentielle, les derniers l'expansion verticale.

1° *Instruments enregistrant l'expansion diamétrale du tho*
Ces instruments, auxquels on a donné les noms de *thoraco*
stéthomètres, stéthographes, etc., sont très-nombreux. Ils sont
général construits sur le principe du compas d'épaisseur. Les
branches de l'instrument s'appliquent aux deux extrémités d'
mètre quelconque du thorax (transversal ou antéro-postérie
des deux branches est mobile et transmet le mouvement du poi

lle est en contact à un levier enregistreur. Le mode de trans- du mouvement peut varier ainsi que le mode de fixation de l et la disposition des différentes pièces. Je ne donnerai ici ques-uns de ces instruments comme types.

our pour recueillir les mouvements du thorax. — Pour les



90. — Tambour pour recueillir les mouvements du thorax. (Bert.)

Fig. 91. — Tambour monté sur un compas. (Bert.)

imaux, comme les oiseaux, on peut se servir de la disposition ntée dans la figure 91 ; pour les grands animaux, il vaut mieux

— A, tambour. — B, plateau. — C, tube de communication avec le levier enregis- , Élastique tendu à volonté pour ramener l'appareil au contact. — E, vis permettant s une position déterminée. — *ee'*, tiges qu'on peut allonger et raccourcir

donner à l'appareil la forme suivante (Bert): un pied solide (*fig.* 9
supporte une capsule de cuivre qui communique par le tub
le tambour du polygraphe; cette capsule est fermée par une m
élastique A sur laquelle s'élève, appuyée sur une plaque d'alum
une tige verticale mobile terminée par un plateau *a* et qui
sans frottement un pont de cuivre qui la maintient. A ce pont
un fil élastique qui ramène les plateaux *a* et *a'* quand ils on
foncés du côté de la capsule. Pour enregistrer le mouvem
point du thorax, il suffit d'approcher le plateau *a* de ce poi
le thorax se dilate, il repousse le plateau *a*, déprime la m
élastique A; l'air de la capsule est comprimé, la compression
met à l'air du tambour du polygraphe dont le levier s'élève. La
représente le tambour monté sur une sorte de compas d'épai
stéthomètre de Burdon-Sanderson est construit sur le même
Seulement, pour assurer la fixité de l'appareil et du sujet
rience, le tambour est porté par une sorte de charpente e
pneumographe de Fick peut rentrer aussi dans la même catég

Les appareils employés par Vierordt et Ludwig utilisent
mode de transmission. Ils se composent essentiellement d'u
deux bras inégaux; l'un des bras, le plus court, s'applique sur
l'autre sert de tige écrivante.

Stéthographe double de Riegel. — Riegel a imaginé un
qui permet d'enregistrer simultanément les mouvements des d
de la poitrine, ce qui peut être utile dans certaines circons
surtout dans les cas pathologiques. Je renvoie pour sa des
l'ouvrage de l'auteur (voir : Bibliographie).

2° *Appareils pour enregistrer l'expansion circonférentiel
rax. — Pneumographes.* — Le plus usité est le *pneumog
Marey*. Il se compose d'un cylindre élastique constitué par u
à boudin enveloppé d'une couche de caoutchouc mince; aux ex
mités du cylindre se trouvent deux rondelles métalliques term
un crochet, de façon à pouvoir y adapter une ceinture qu
autour du thorax à la hauteur à laquelle on veut étudier se
ments. La cavité du cylindre communique par un tube en ca
avec le tambour du levier enregistreur. Le pneumographe a
été modifié par Bert de la façon suivante (*fig.* 92, page 561): l
est métallique et les deux bases du cylindre, au contraire, sont
par des plaques de caoutchouc, ce qui donnerait plus de se
l'appareil. Quoi qu'il en soit, dans les deux appareils le ré
toujours le même : dans l'inspiration, l'air du cylindre se r
pression diminue dans l'air du tambour du polygraphe et le
ce tambour s'abaisse; dans l'expiration, c'est l'inverse. La figure
représente, d'après Marey, le tracé obtenu avec le pneumog
graphique se lit de gauche à droite; l'ascension de la courb
pond à l'expiration, sa descente à l'inspiration.

° *Appareils pour enregistrer les mouvements du diaphragme (ex-*
sion verticale). — *Phrénographe de Rosenthal.* — Cet instrument



Fig. 92. — Pneumographe modifié de Bert.

peut être employé que sur les animaux. Il se compose d'un levier
introduit par une ouverture de la paroi abdominale et qui vient
appliquer à la face inférieure du muscle dont il suit les mouvements.
branche extérieure du levier est en rapport avec un cylindre enre-
gistreur et inscrit sur ce cylindre le graphique du mouvement dia-



Fig. 93. — Graphique de la respiration (homme) obtenu par le pneumographe. (Marey.)

phragmatique. On peut aussi implanter simplement dans le diaphragme,
travers l'appendice xiphoïde, une aiguille dont l'extrémité libre est
attachée à un levier enregistreur.

— APPAREILS ENREGISTREURS DE LA PRESSION INTRA-PULMONAIRE. —
pression augmentant dans les voies aériennes au moment de l'expi-
ration et diminuant au moment de l'inspiration, on peut, au lieu d'enre-
gistrer les variations de la cage thoracique, enregistrer les variations

Fig. 93. — Le graphique se lit de gauche à droite.

de pression de l'air. Les procédés employés dans ce but ont d
donnés page 433, ainsi que les graphiques obtenus par ces proc

D. THORACOMÈTRES. — Le *thoracomètre de Sibson* est le plus
de ces instruments. Les mouvements d'un point du thorax se c
niquent à une tige qui s'engrène avec une roue dentée et fait m
une aiguille dont la direction indique l'étendue du mouveme
appareil permet de mesurer des déplacements de $^1/_{10}$ de ligne.
racomètre de Wintrich, le *stéthomètre de Quain* sont construits
même principe. Ces appareils sont moins commodes que les ap
enregistreurs, mais dans certains cas ils peuvent donner des indi
plus précises.

On a vu plus haut, à propos des phénomènes physique
respiration, la nécessité d'une ventilation pulmonaire (pag
c'est le mécanisme de cette ventilation qu'il nous reste à é
autrement dit ce qu'on appelle ordinairement les *phén
mécaniques* de la respiration. Les conditions de cette ven
concernent d'une part le thorax, de l'autre les poumons.

1° *Conditions de la ventilation pulmona*

Le *thorax* représente, au point de vue physiologique, u
élastique à parois mobiles susceptible de s'agrandir dans
ration, de se retrécir dans l'expiration. Ces variations de
ne peuvent se faire cependant que dans des limites as
treintes, et les différentes régions des parois thoraciques
nent une part inégale en rapport avec la constitution anat
de ces parois. La forme naturelle ou la *position d'équili*
thorax correspond à l'état de l'expiration ordinaire non
La cage thoracique peut être tirée de cette position d'é
par des puissances musculaires dont l'étude est du ressort d
tomie, et qui tantôt augmentent sa capacité (muscles inspir
tantôt la diminuent (muscles expirateurs). D'autre part, tan
l'inspiration et l'expiration forcée ne peuvent se produ
par l'action musculaire, le retour à la position d'équilib
l'expiration ordinaire se fait par la simple élasticité des
thoraciques, aidée puissamment, comme on le verra plus l
l'élasticité pulmonaire.

La cavité thoracique est en outre hermétiquement
elle se trouve dans les conditions d'un récipient dans le

it le vide absolu ; il en résulte que la pression atmosphé- peut agir sur la surface extérieure des organes creux ontient (poumons et cœur), tandis qu'elle agit sur leur nterne, soit directement (poumons), soit par l'intermé- u sang (cœur et gros vaisseaux) ; aussi la face externe rganes, en contact avec la face interne de la paroi ue, s'accole intimement à cette paroi et en suit tous les ents d'expansion et de rétraction.

re schématique suivante (*fig.* mprendre ces condi- aniques. La cloche 1 représen thoracique ; la mem-

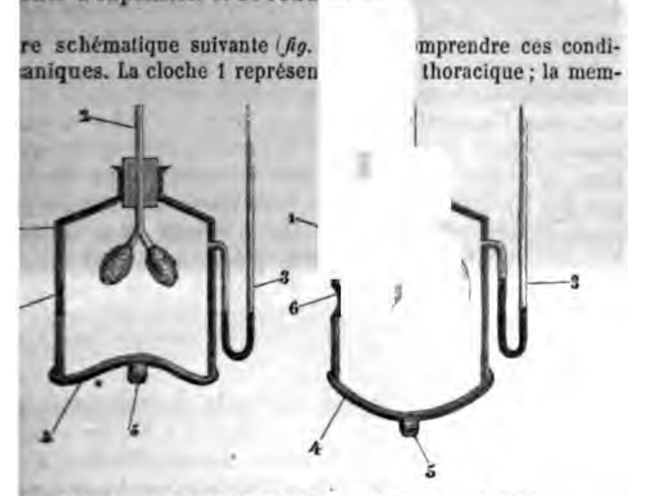


Fig. 94. — Rapports des poumons et de la cavité thoracique. (Funke.)

caoutchouc 4, le diaphragme ; la membrane 6, les parties un espace intercostal ; un tube, 2, figurant la trachée, traverse n du goulot de la cloche et se bifurque en aboutissant à deux inces qui représentent les poumons ; un manomètre, 3, donne n dans l'intérieur de la cloche. Au début de l'expérience, l'air de st à la même pression que l'air extérieur, et par conséquent des deux vessies qui communiquent par le tube avec l'air , et le mercure est à la même hauteur dans les deux branches mètre. Si maintenant on tire en bas par le bouton 5, la mem- caoutchouc 4, on augmente la cavité de la cloche, la pression dans son intérieur, et la pression atmosphérique étant alors e fait hausser le mercure dans la branche interne du mano- éprime l'espace intercostal 6, et dilate les deux vessies ; la lans la cloche est alors *négative* et se mesure par la eur des deux colonnes mercurielles. Supposons mainte-

L'élasticité pulmonaire joue un rôle essentiel dan
tion. Dans l'inspiration, les petites bronches et les v
monaires sont distendues par la pression atmosphé
force de suivre les mouvements d'expansion du t
une fois l'inspiration terminée, cette élasticité entre
poumons se rétractent suivis par le thorax. Mais
ditions normales, et tant que la plèvre est intacte,
n'atteignent jamais leur limite d'élasticité : leur posi
libre ne correspond pas à la position d'équilibre
quand ce dernier a atteint son minimum de cap
dans les expirations forcées), le poumon n'a pas
et il pourrait encore se rétracter si la pression at
intrapulmonaire n'accolait pas sa surface à la paroi
Aussi quand, sur le vivant ou sur le cadavre, vient-o
ouverture à la paroi thoracique, l'air pénétrant par
ture dans la cavité de la plèvre, la pression at
s'exerce à la surface externe du poumon comme
interne, et les deux pressions s'équilibrant, l'élasticit
entre seule en jeu et le poumon se rétracte en
qu'il contient.

Pour mesurer cette élasticité, on adapte à la trach
mal un manomètre à mercure et on incise la paroi
le poumon s'affaisse et le mercure monte de 6 à 8
dans le manomètre (Carson); cette élasticité pulmon
considérable dans les inspirations profondes et peut
à 10 millimètres de mercure.

La *contractilité pulmonaire* est moins facile à constater et a très-controversée. Williams avait déjà obtenu un rétrécisse-



Fig. 95. — Graphique de la contraction pulmonaire chez le chien. (Bert.)

...t des bronches par l'excitation galvanique, rétrécissement se traduisait par l'ascension du liquide (eau) d'un mano-...re adapté à la trachée ; et ses expériences, combattues par ...trich et d'autres physiologistes, ont été confirmées par Bert,



Fig. 96. — Graphique de la contraction pulmonaire chez le lézard. (Bert.)

a constaté cette contractilité et a vu qu'elle était très-pro-...cée, surtout sur les poumons des reptiles. Les tracés ci-dessus, ...runtés à Bert, donnent les graphiques de la contraction pul-...naire chez le chien (*fig.* 95) et le lézard (*fig.* 96).

2° *Inspiration et expiration.*

...*nspiration* est essentiellement active, musculaire. Les mus-... qui la produisent, muscles inspirateurs, diaphragme, in-...ostaux, etc., ont à surmonter les résistances suivantes : ...élasticité du thorax ; sa valeur n'a pas été calculée ; 2° l'élas-

---

... 95. — Les deux premiers tracés (de haut en bas) sont obtenus par l'excitation directe ...; le troisième, par l'excitation du pneumogastrique. Dans tous ces tracés le trait ... indique le début, le trait vertical la fin de l'excitation.

... 96. — Le premier tracé est fourni par l'excitation directe du poumon, le second par ... du pneumogastrique.

cité pulmonaire (et thoracique) et sans intervention

Dans l'*expiration forcée* (parole, chant, cri, effo muscles expirateurs (muscles abdominaux) intervien alors à surmonter une résistance égale à la pression pulmonaire dans l'expiration, moins l'élasticité pul conséquent égale à 87 — 24 = 63 millimètres de me forte encore dans les efforts intenses.

L'ampliation de volume ou la dilatation du pou l'inspiration, se fait d'une façon inégale pour les di la surface du poumon ; les parties les plus fixes du p qui se déplacent le moins, sont : la racine des p sommet et leur bord postérieur avec la **partie de la** logée dans les gouttières latérales du rachis ; **les pa** mobiles sont celles qui sont les plus **éloignées de ce** et en particulier le bord antérieur et le **bord inf** parties intermédiaires auront une excursion **de dépl** l'étendue dépendra de la distance qui les **sépare de** et des points les plus mobiles.

Pour que l'air arrive jusqu'aux poumons, il f nécessité que la partie supérieure des voies aé béante ; cette béance est maintenue soit par la disp de leurs parois (charpente osseuse des fosses nasal cartilagineux de la trachée et des bronches), soit musculaire. C'est ce qui arrive, par exemple, pour

pirations profondes, comme dans la dyspnée et chez cer-espèces animales, le cheval par exemple. A son passage à les fosses nasales, l'air inspiré se réchauffe, grâce à la ascularisation de la muqueuse et à sa disposition, et cet air ge en même temps de vapeur d'eau. Cependant, habituel-une petite partie du courant d'air passe par la bouche verte et n'éprouve pas, par conséquent, cette élévation de ature. Chez les animaux qui, comme le cheval, respirent ment par les narines, la paralysie des muscles des naseaux du facial) ne tarde pas à amener l'asphyxie, la narine comme un voile devant l'orifice nasal et le bouchant à inspiration.

rynx et la glotte en particulier sont le siége de phéno-particuliers qui coïncident avec les actes respiratoires. moment de l'inspiration, le larynx s'abaisse (surtout dans de respiration claviculaire) ainsi que la trachée, qui se en même temps. L'inverse a lieu dans l'expiration.

lotte, dans l'inspiration modérée, a la forme d'une ou-triangulaire élargie dans la partie inter-aryténoïdienne); dans l'inspiration profonde, elle s'élargit considérable-fig. 98). Pendant l'expiration, les cordes vocales se rap-nt et interceptent un triangle plus ou moins isocèle.



97. — Glotte dans l'inspiration modérée. (Mandl.)



Fig. 98. — Glotte dans une inspiration profonde. (Mandl.)

ression *abdominale* subit des variations correspondantes iverses phases de la respiration: elle augmente pendant

— *l*, langue. — *e*, épiglotte. — *pe*, repli pharyngo-épiglottique. — *ae*, repli ary-— *ph*, paroi postérieure du pharynx. — *c*, cartilage de Wrisberg. — *ts*, repli noïdien supérieur. — *ti*, replis inférieurs. — *o*, orifice glottique.

— *b*, bourrelet de l'épiglotte. — *g*, gouttière pharyngo-laryngée. — *l*, langue. — ary-épiglottique. — *ar*, cartilage aryténoïde. — *c*, cartilage cunéiforme. — *ir*, repli noïdien. — *rs*, corde vocale supérieure. — *ri*, corde vocale inférieure.

l'inspiration (compression de la masse intestinale par l phragme) et diminue pendant l'expiration simple.

Pour enregistrer cette pression intra-abdominale, Bert s'est l'appareil suivant (*fig.* 99). Un petit sac en caoutchouc, *a*, d



Fig. 99. — Appareil pour enregistrer les changements de la pression intra-abdomi

deux lobes par un étranglement, est traversé par un tube de communique avec un manomètre à air libre. On introduit l'am caoutchouc jusqu'en *a*, dans le rectum de l'animal, et on l'i tement par le tube *b*; il se forme ainsi deux sphères, l'u l'autre extra-rectale, séparées par l'étranglement autour d sphincter anal se resserre étroitement. On obtient ainsi l' hermétique du rectum. Les variations de pression intra-abdo transmettent au liquide contenu dans le manomètre et de là veut, à un appareil enregistreur.

3° *Rhythme et nombre des mouvement respiratoires.*

Une respiration se compose de deux stades success inspiration, une expiration. La plupart des physiologiste tent cependant après l'expiration une troisième périod *expiratoire*, période d'équilibre pendant laquelle il y absolu de toutes les puissances expiratrices et inspira

e à ce point de vue les graphiques respiratoires, on
ans les respirations très-rapides, comme dans le gra-
la figure 100, pris en introduisant directement le tube

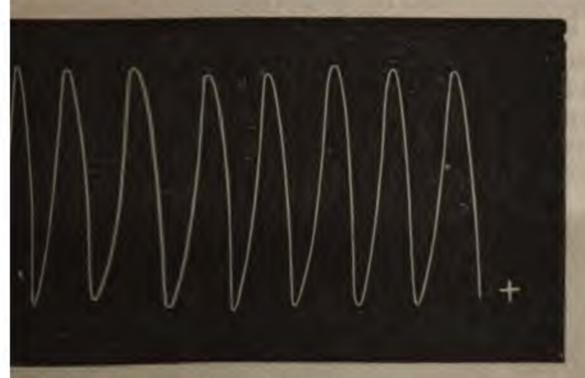


Fig. 100. — Graphique respiratoire (lapin).

enregistreur dans la trachée, la descente de la courbe
succède immédiatement à l'ascension de la courbe
; il n'y a donc pas là de pause expiratoire. Dans les

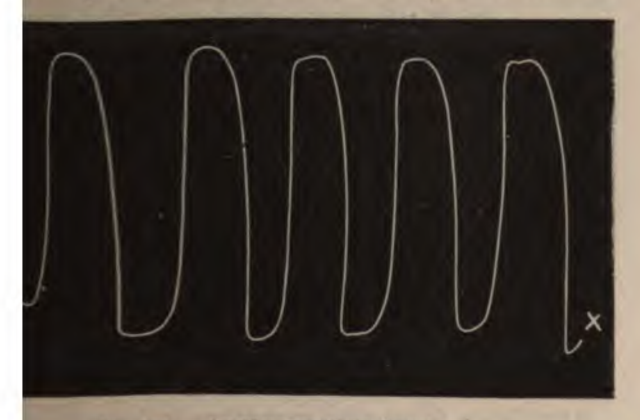


Fig. 101. — Graphique respiratoire (femme).

s plus lentes, comme dans le graphique respiratoire
e 101, l'expiration est suivie d'une sorte de pause indi-

Le tracé se lit de droite à gauche. La croix indique le début du tracé.
Le tracé se lit de droite à gauche.

quée par le plateau arrondi qui sépare la ligne ascen
l'expiration de la ligne descendante de l'inspiration.
plus loin que, dans certaines conditions anormales, ce
expiratoire devient très-prononcée.

Ce qui dans bien des cas peut faire croire à une pau
toire, c'est le ralentissement de l'expiration quand elle
sa fin, ralentissement qui se traduit sur les tracés pa
dance de la courbe expiratoire à se rapprocher de l'ho
c'est ce qu'on voit par exemple très-bien sur le tracé d
102 (le lire de gauche à droite).



Fig. 102. — Graphique respiratoire (homme) d'après Marey.

Cette pause expiratoire existe toujours dans les r
très-lentes et très-profondes.

Quelques auteurs ont encore admis, entre l'inspirat
piration, une pause, *pause inspiratoire*, mais qui
réalité que dans des conditions particulières et ne se
pas à l'état normal [1].

Habituellement, il n'y a donc en réalité que deux
inspiration, expiration. L'inspiration est en général
que l'expiration, mais il est bien difficile d'en donner
exact, et les évaluations numériques trouvées par les
gistes sont loin de concorder. Il n'y a du reste qu'à ex

---

[1] Pour l'étude de ces stades respiratoires, la méthode gra
seule donner des indications précises, et encore ne peut-on ut
graphiques donnant les mouvements de totalité du thorax (ar
conférentielle), du diaphragme ou de l'air intrapulmonaire. L
pourraient fournir de résultats précis, tel point de la paroi tho
vant rester immobile ou se déplacer très-peu relativement à d'
du thorax.

graphiques respiratoires pour voir qu'il est impossible à une formule absolue. La durée de chacun de ces ne respiration se mesure facilement par l'étendue de s abscisses occupée par les deux courbes de l'inspira- l'expiration.

tion des tracés montre encore que la vitesse du mou- abord très-rapide, décroît vers la fin ; en effet, on voit respiratoire, d'abord pres... e, s'arrondir à la ascension (expiration) ou ... nte (inspiration).

le totale d'une respiratio ... n et expiration) riable. Cette durée peut ... en moyenne à dans l'état de repos co ... ui donnerait un 15 respirations par minute ... ierordt même, ce s l'état de repos absolu, ... de 12 par mi- ontre, la moindre cause s ... élérer la respi- qui explique les chiffres v ... nés par les diffé- rvateurs pour la moyenne ... re des respirations ar minute). Habituellement le rhythme des respirations gulier, aussi régulier que celui des battements du cœur, pouvons par la volonté ralentir, arrêter, accélérer, dans s limites, tous les actes respiratoires. Tout ce qui aug- tivité musculaire, la marche, la course, etc., accélère ion ; il en est de même des affections psychiques qui pendant aussi l'arrêter momentanément dans certains ition, au lieu de le régulariser, trouble immédiatement respiratoire.

nfluence de l'innervation sur la respiration, voir la e du *pneumogastrique* et de la *moelle allongée*.

it varier la fréquence des respirations, comme le dé- tableau suivant de Quételet :

AGE.	NOMBRE DE RESPIRATIONS PAR MINUTE. Maximum.	Minimum.	Moyenne.
eau-né	70	23	44
5 ans.	32	—	26
20 —	24	16	20
25 —	24	14	18,7
30 —	21	15	16
50 —	23	11	18,1

même intensité d'action, et suivant que l'action d
muscles prédomine, on voit varier le mode d'amp
cage thoracique

Quand l'action du diaphragme prédomine, la respi
diaphragmatique ou *abdominale ;* le ventre se bor
mensions transversales du thorax ne se modifient
et seulement dans la région inférieure. C'est ce moc
tion qui est habituel à l'homme. Dans le type *costa
que* au contraire, c'est sur les dimensions transversa
que porte principalement son ampliation et l'ac
phragme est diminuée d'autant. Dans ce cas le ve
et l'ampliation du thorax est due principalement
ments des côtes et surtout des côtes supérieures.
respiration se rencontre chez les femmes, où il
l'usage du corset, et toutes les fois que l'action du
est empêchée (grossesse, tumeur abdominale, etc.)
respiration est très-accentuée, les mouvements de l
des deux premières côtes deviennent très-prononc
fait donner le nom de *respiration claviculaire.*

La figure suivante, empruntée à Hutchinson, do
modes et types de respiration chez l'homme et c
(*fig.* 103, page 573).

5° *De quelques actes respiratoires s*

actes inspirateurs et actes expirateurs. Le mécanisme de x et de la parole rentrerait aussi dans cette dernière



Fig. 103. — Diagramme des divers modes de respiration. (Hutchinson.)

ie, mais leur importance mérite une étude à part qui sera ns les chapitres suivants.

FORT. — L'effort n'est pas autre chose que le déploiement, oment donné, d'une contraction musculaire intense pour une résistance considérable. Cet effort a pour première on la fixation de la cage thoracique, fixation qui donne t d'appui solide aux muscles des membres supérieurs, de en et des membres inférieurs. Pour fixer la cage thora-

— Cette figure montre l'étendue des mouvements antéro-postérieurs dans la res- inaire et dans la respiration forcée, chez l'homme et chez la femme. Le trait noir es deux bords les limites de l'inspiration et de l'expiration ordinaires. La ligne pond à l'inspiration forcée, le contour de la silhouette à l'expiration forcée.



complexes, comme le bâillement. Dans le *humer*, l'a[illegible]
la bouche en entraînant le liquide en contact av[illegible]
buccal. Dans le *renifler*, le courant d'air inspiré passe
et on aspire en même temps les corps placés à l'[illegible]
narines, comme dans l'action de priser. Le *bâillement*
une inspiration profonde, la bouche largement ouv[illegible]
contraction de certains muscles de la face et suivie d'[illegible]
ration bruyante ou insonore. Le *sanglot* est une insp[illegible]
une série d'inspirations diaphragmatiques, brèves, spas[illegible]
douloureuses, avec production de son glottique à l'insp[illegible]
à l'expiration. Dans le *soupir* l'inspiration est lente, p[illegible]
suivie d'une expiration courte et forte avec émission
particulier. Le *hoquet* est une contraction spasmodiq[illegible]
phragme, avec inspiration brusque arrêtée subitement
colement des cordes vocales.

C. Actes expirateurs. — La *toux* consiste en une
sieurs expirations avec rétrécissement de la glotte et p[illegible]
d'un son assez fort ; le courant d'air expiré passe en gra[illegible]
par la bouche. L'*expectoration* n'est que l'expulsion p[illegible]
des mucosités contenues dans la trachée et le larynx. [illegible]
création (*hem* des Anglais), les mucosités accum[illegible]
l'arrière-gorge et le pharynx sont entraînées par le co[illegible]
expiré : dans le *crachement*, il entraîne celles qui s[illegible]
dans la cavité buccale ; dans le *moucher*, le cou[illegible]
de passer par la bouche, passe par les fosses nas[illegible]
ment consiste en une inspiration profonde suivie
[illegible]



Fig. 104. — Graphique du rire.

Apnée. — Quand le sang est saturé d'oxygèn
ments respiratoires s'arrêtent (Hook, 1667); c'est
Rosenthal a donné le nom d'apnée. Si sur un anima
l'insufflation pulmonaire en diminuant de plus en p
de deux insufflations successives, les mouvements
se ralentissent et finissent par cesser tout à fait, tan
les autres fonctions, mouvements du cœur, actions
continuent à s'exécuter comme à l'état normal.

Dyspnée. — La dyspnée se présente toutes les
échanges gazeux respiratoires ne se font pas avec as
On peut produire la dyspnée de deux façons : 1° p
des plèvres, ce qui amène l'affaissement d'un ou
mons; 2° par le rétrécissement des voies aérienn
minue l'abord de l'air dans les poumons. Quel que
de production, la dyspnée se traduit par l'exagérat
vements d'inspiration ; non-seulement les muscle
ordinaires, comme le diaphragme, se contracten
quement que d'habitude; mais on voit entrer e
muscles qui, à l'état ordinaire, ne participent pas
calme, tels sont les muscles scalènes, les dentelés po
aussi les côtes supérieures se soulèvent-elles avec f
inspiration, et le larynx, presque immobile dans
ordinaire, s'abaisse fortement, ce qui est un des s
ristiques de la dyspnée.

Asphyxie. — On peut distinguer l'asphyxie b
produit par l'occlusion complète de la trachée p
l'asphyxie lente, dans laquelle l'occlusion des voie

premier stade, qui dure environ une minute, on re-
bord de la dyspnée et des mouvements inspiratoires
rès-marqués, surtout pour les muscles thoraciques;
iscles abdominaux se contractent énergiquement, et à
i première minute, apparaissent des convulsions d'a-
nent expiratrices, puis accompagnées de spasmes plus
irréguliers des membres et surtout des muscles
s.

second stade, qui a à peu p la même durée, les con-
essent, quelquefois tout à), et les mouvements
n sont à peine perceptibles pupille est dilatée; les
ne se ferment plus si on to cornée; les actions
t cessé; tous les muscles, inspirateurs, sont
lâchement; la pression a aisse; il y a en
calme général qui contrast ement avec l'agi-
i période précédente.

troisième période, qui dur à trois minutes, les
ts d'inspiration deviennent de plus en plus faibles et es-
muscles inspirateurs accessoires se contractent spasmo-
et, bientôt après, les spasmes gagnent d'autres muscles
èrement les extenseurs; la tête se renverse en arrière,
tend et s'incurve en arc; les membres sont dans l'ex-
s narines sont dilatées; des bâillements convulsifs se
et la mort ne tarde pas à arriver.

nomènes de l'asphyxie lente suivent la même marche,
avec beaucoup moins de rapidité dans leur produc-
là encore on retrouve les trois périodes de convul-
atoires, de calme et de convulsions inspiratoires.

hie. — J. Rosenthal : *Die Athembewegungen*, 1862. — Marey : *Pneu-* (Journal de l'Anatomie, 1865.) — Bert : *Leçons sur la physiologie la respiration*, 1870. — F. Riegel : *Die Athembewegungen*, 1873.

3° PHONATION.

se produit dans le larynx; dans les conditions ordi-
a respiration, l'air traverse cet organe sans déterminer
réciable autre qu'un léger souffle à peine perceptible;
d le larynx et en particulier la glotte se modifient de
era décrite plus loin, le courant d'air expiré déter-
mation d'un son, *son vocal* ou *voix*.

1° *De la vibration sonore.*

Tous les corps, quel que soit leur état, solide, liqui
sont susceptibles de vibrer, pourvu qu'ils soient élastiqu
miner par leurs vibrations des sensations auditives. Ces
sistent en des mouvements de va-et-vient, en des o
molécules du corps sonore autour de leur position d'é
vements de va-et-vient qui se transmettent de proche
molécules voisines. Il y a donc deux choses bien disti
phénomène : le mouvement de va-et-vient des molécules
tion de ce mouvement.

Le mouvement de va-et-vient des molécules const
appelle une *vibration* ou une *oscillation*. Les vibrations
nales ou transversales ; longitudinales, quand le mouve
vient des molécules se fait dans la même direction que
de la vibration (ex. : dans l'air); transversales, quand ce
perpendiculaire à cette direction (ex. : une corde qu'on
doigt de sa position d'équilibre).

Dans la propagation des vibrations, soit longitudinales,
sales, chaque point du milieu parcouru par le mouven
passe successivement par les mêmes phases. On appe
cette progression du mouvement vibratoire qu'il ne fa
dre avec la vibration des molécules, et on donne le no
d'onde à la distance qui sépare deux points du corps
trouvent, au même instant, à la même phase du mouven
Cette longueur d'onde est constante pour un nombre
brations par seconde dans le même milieu ; elle est
à la durée de la vibration et en raison inverse de la vi
vibrations longitudinales, chaque ondulation se compos
onde condensée et d'une demi-onde dilatée ; dans les vi

, constante pour chaque milieu, par le nombre des vibrations par
nde : $l = \frac{v}{n}$.
s vibrations sonores peuvent être régulières et périodiques, c'est-
e que le mouvement des molécules se reproduit exactement dans
périodes de temps rigoureusement égales. C'est à ce genre de
tions que correspond la sensation de son musical. Quand les vibra-
sont irrégulières et non périodiques, ou, quoique régulières et
diques, se mélangent irrégulièrement, nous avons la sensation d'un
. Il en est de même quand elles se réduisent à des chocs instantanés.
peut représenter graphiquement et d'une manière très-simple
brations sonores. Soit (*fig.* 105) AN, la durée d'une vibration trans-



Fig. 105. — Vibration pendulaire.

le, la courbe ABC représentera les positions successives occupées
point vibrant dans la première moitié de l'ondulation (phase
ve); CDN, les positions occupées pendant la deuxième moitié de
lation (phase négative). On peut aussi considérer AN comme
entant la longueur d'onde ; la courbe ABC représentera, dans ce
s positions simultanées de chacun des points du corps vibrant
la phase positive; CDN, dans la phase négative. On a dans ce cas
me même du mouvement vibratoire. La même figure peut servir
les vibrations longitudinales. AN représente la durée de la vibra-
ABC l'onde condensée, CDN l'onde dilatée; les hauteurs PB, ED,
entent les vitesses des molécules dans la fraction correspon-
de la durée de la vibration, autrement dit, le degré de conden-
et de dilatation des molécules, et les courbes ABC, CDN repré-
t les différents états d'une molécule vibrante. Si AN représente
ntraire la longueur d'onde, la courbe représentera alors l'état
olécules dans toute l'étendue de l'ondulation.
s beaucoup de cas, ces vibrations sonores peuvent être enre-
es directement à l'aide d'appareils particuliers dont la description
uve dans les traités de physique (*méthode de Duhamel, phonau-
phe, méthode optique de Lissajous*, etc.).

tante pour une vibration pendulaire donnée, quelle que s
tude. Plus cette durée est petite, plus la molécule vibr
d'oscillations dans l'unité de temps; aussi remplace-t-on
notion de durée par celle du *nombre* de vibrations pa
nombre est en raison inverse de la durée de la vibration
durée de la vibration, il suffit de diviser l'unité de temp
par le nombre de vibrations: $d = \frac{1}{n}$. A la durée, corres
tion de *hauteur* du son.

La *forme* de la vibration pendulaire est constante
Mathématiquement, elle a pour caractère que la distanc
brant à sa position première est égale au sinus d'un arc
au temps (d'où le nom de vibration *sinusoïdale*). Pour o
sentation graphique d'une vibration pendulaire, il suffit d
des branches d'un diapason un stylet qui trace les mou
et-vient de cette branche, sur un cylindre enregistreur.
représente une vibration pendulaire.

2° *Vibrations composées*. — Les vibrations composées
par la réunion de vibrations simples, pendulaires. Tandi
ne présentent que des différences d'amplitude et de dur
jours la même forme, les vibrations composées peuvent
infinité de formes différentes.

Pour trouver la forme de vibration composée corres
ou à plusieurs vibrations simples, il suffit de tracer les c
vibrations simples, et de faire leur somme algébrique; la
tante représentera la vibration composée.

Des vibrations simples, de durée égale ou non, peuve
duire des vibrations composées plus complexes si l'on
les deux vibrations simples une différence de phase, c'es

ée, elles s'annulent réciproquement (voir *fig.* 106). Quand, au e, comme dans la figure 107, les ondes condensées et les ondes

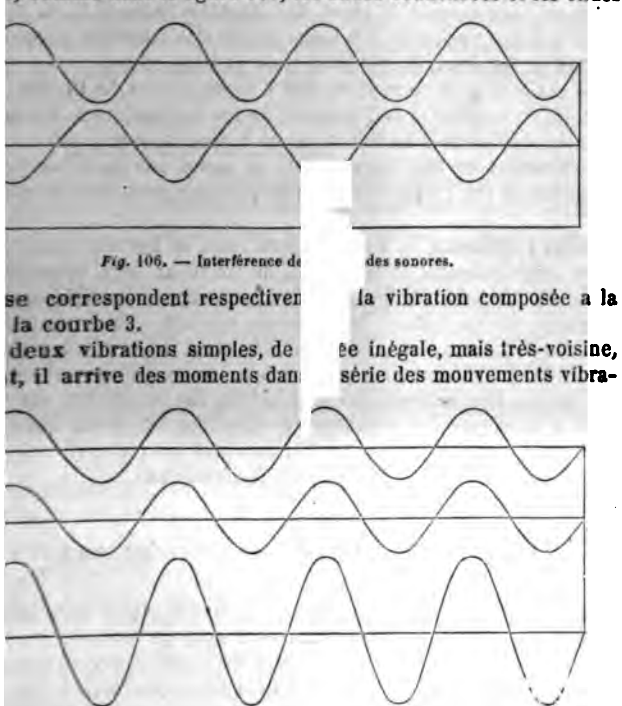


Fig. 106. — Interférence d des sonores.

se correspondent respectiven la vibration composée a la la courbe 3.

deux vibrations simples, de ee inégale, mais très-voisine, t, il arrive des moments dan série des mouvements vibra-

Fig 107. — Correspondance de deux ondes sonores.

les vibrations s'ajoutent et d'autres au contraire où elles inter-s'annulent. Alors intervient le phénomène des *battements* qui ié à propos des sensations auditives.

rations simples sont très-rares dans la nature. La plupart des sont des vibrations composées, comme dans la plupart des its.

ne vibration composée, il est rare que toutes les vibrations es aient la même intensité. En général, l'une d'elles domine : u'on appelle le *son fondamental ;* les autres, qui produisent its *partiels*, sont habituellement beaucoup plus faibles.

rations partielles ont, en général, une durée moindre que la ondamentale, autrement dit la hauteur des sons correspon-plus considérable. Dans les instruments musicaux, dans la

Sons résultants. — Lorsque deux sons, de hauteur d
émis simultanément, il se produit de nouveaux sons, ap
sultants. Ils sont de deux espèces ; les uns, *sons diffe*
intenses, ont un nombre de vibrations égal à la différenc
de vibrations des deux sons primitifs ; ainsi, si les deux
font 400 et 300 vibrations par seconde, le son différentie
les autres, *sons additionnels*, très-faibles, ont un nombre
égal à la somme des nombres de vibrations des deux s
700 dans le cas précédent. Les harmoniques peuvent pro
résultants aussi bien que les sons fondamentaux.

2° *Propagation des vibrations son*

Les vibrations des corps sonores se transmettent aux
biants, air, liquides, solides, immédiatement en contact
vibrant, et se propagent ensuite dans ces milieux. Ces vi
mises conservent la même vitesse et la même durée que
primitives ; le nombre de vibrations par seconde reste
hauteur du son ne change pas, mais il n'en est plus de m
conditions ; l'amplitude des vibrations varie ; elle diminu
sage d'un milieu moins dense à un milieu plus dense ;
dans le cas contraire. En outre, dans cette transmission d
vibratoire d'un corps à un autre, le mode même du mo
varier ; c'est ainsi que les vibrations transversales des co
mettent à l'air en donnant naissance à des vibrations lon
En passant d'un milieu dans un autre, toutes les ond
sont pas réfractées ; une partie est réfléchie d'après les
de la réflexion, une partie suit celles de la diffraction, un

[redacted]

lu corps sans le déplacer en masse, ou bien au contraire, ıtensité des vibrations, soit par la faible masse du corps, re dans sa totalité et exécute de véritables oscillations d'en- ; vibrations sont moléculaires dans le premier cas, totales ›nd. Les deux espèces peuvent du reste coexister.

jation des vibrations sonores dans l'air. — Les vibrations toujours longitudinales. Elles se propagent dans ce milieu 333 mètres par seconde à 0°, 340 mètres à 15°; c'est ce le vitesse du son dans l'air.

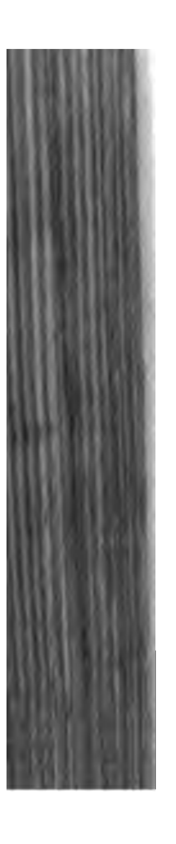
influence. — La transmissi es vibrations de l'air aux s présente certaines circonst s importantes à connaître :anisme de la phonation et c dition. Je veux parler du appelé *sons par influence*, qu'il n'y ait là qu'un cas le transmission de vibratior n général, les vibrations e d'air n'ont pas une force ante pour faire entrer en n corps solide d'un certain ie; il y a pourtant à cela ion. Les corps sonores, corde ques, etc., ont ce qu'on *son propre*, c'est-à-dire que is en vibration, ils donnent ivant leur tension, leur mas leur élasticité, un son d'une erminée et correspondant à un nombre déterminé de vibra- nt, suivant une expression musicale, *accordés* pour un son ıque ce son résonne, c'est-à-dire quand la masse aérienne ›ure fait le nombre de vibrations qui correspond à ce son, ils se mettent à vibrer à l'unisson. Si au contraire le nombre de vibrations de la masse aérienne ne coïncide pas avec le nombre de vibrations du son propre du corps, celui-ci reste immobile. En construisant d'avance une série de globes, *résonnateurs* (*fig.* 108) accordés pour les différentes hauteurs de son, on obtient ainsi autant d'analyseurs du son; il suffit d'introduire l'extrémité d'un de ces globes dans l'oreille pour ren-



— Résonnateur d'Helmholtz.

ıdérablement le son extérieur correspondant au son propre teur et celui-là seulement; on peut par ce moyen recon- diatement les sons partiels contenus dans un son composé, ›les qu'ils soient, et avec une série de résonnateurs con- t choisis, analyser tous les sons composés.

ration des corps par influence peut encore se produire t le son émis n'est pas exactement à la même hauteur que



cependant pas d'être plus parfait encore que les deu
Faites vibrer un diapason, et quand le son sera près
placez la tige du diapason entre les dents, le son se ren
ment. L'usage du stéthoscope en auscultation repose s
transmission par les solides. (Voir aussi : *Physiologie de*

3° *Production des sons dans les inst musicaux.*

1° *Instruments à cordes.* — Dans les instruments à
serait très-faible si des corps, dits *résonnants* (corps soli
masses d'air enfermées, etc.), ne venaient renforcer le
hauteur du son varie avec la longueur des cordes, ave
leur épaisseur et leur densité, d'après les lois suivantes :

Le nombre de vibrations est en raison inverse de l
cordes ; quand une corde vibre dans toute sa longueu
son le plus grave qu'elle puisse donner, *son fondamenta*
partage en deux parties égales par un chevalet, chaq
séparément et donne l'octave du son fondamental, c'e
fait un nombre double de vibrations.

Le nombre de vibrations est proportionnel à la racin
tension. Pour qu'une corde donne l'octave en conserva
il faut que sa tension soit quatre fois plus considérab
tendue par un poids quatre fois plus fort.

Le nombre de vibrations est en raison inverse du di
des ; les cordes les plus épaisses donnent les sons les p

Enfin le nombre de vibrations est en raison invers

bre du son. Deux conditions influencent surtout la hauteur du son s les instruments à vent, les dimensions du tuyau et la force du rant d'air qui arrive sur l'embouchure ; les sons sont d'autant plus s que le tuyau est plus court et plus étroit; la hauteur du son augte avec la force du courant d'air et l'augmentation de tension des écules vibrantes.

Instruments à anches. — On a longtemps discuté pour savoir si, s les instruments à anche, le son était produit par les vibrations de che ou par celles de l'air. La qu semble aujourd'hui résolue les expériences d'Helmholtz; il a ité, à l'aide du *microscope à rations* [1], que les anches exéc es vibrations *simples* tout à régulières et ne peuvent par cor it par elles-mêmes produire des sons simples; les sons co es de ces instruments sont dus forcément aux vibrations r; l'anche ne fait que régler rtie du courant d'air, le diamè e l'embouchure (qui devient ativement plus grande et plus) et par conséquent la périoé du son.

s anches se divisent en anches es et anches membraneuses. sera ici question que de ces de es.

e type le plus simple d'anche membraneuse est constitué par une brane percée d'une fente et tendue à l'extrémité d'un tube par lequel souffle. Les lois des vibrations des anches membraneuses simples ont ut été étudiées par J. Müller. Les nombres de vibrations (hauteur son) suivent les mêmes lois que pour les instruments à cordes ; l'épsse de la fente n'a pas d'influence sur la hauteur du son, mais les se produisent avec d'autant plus de facilité que la fente est plus ite. En outre, la force du courant d'air augmente la hauteur du son. s lois ne sont plus les mêmes dans les anches dites *composées*, -à-dire dans lesquelles l'anche est surmontée d'un tuyau additionu *corps*, comme dans les instruments de musique. Dans ce cas, la ur du son est influencée par la longueur du corps; le son devient de en plus bas à mesure que le corps s'allonge, mais il ne tombe jamais ave comme pour les anches rigides; puis pour une longueur dénée, le son revient au son fondamental de l'anche, enfin un allonent nouveau du corps le fait baisser de nouveau et ainsi de suite.

2. — PRODUCTION DU SON DANS LE LARYNX.

océdés. — 1° *Larynx de cadavres.* — Ferrein et surtout J. Müller, larless, Rinne, etc., ont étudié la formation de la voix sur des

ope à vibrations est un instrument dont le principe a été ssajous et qui permet d'observer facilement la courbe déit isolé d'un corps vibrant. (Voir les Traités de physique.)

larynx humain. Les cordes vocales sont remplacées par (
élastiques (caoutchouc, membranes artérielles, etc.), et l
varie tellement suivant les expérimentateurs qu'il est in
trer dans une description détaillée de ces divers appare

3° *Observation directe sur les animaux, vivisectio*
chez les animaux, comme l'ont fait Longet, Segond, et
incisé la membrane thyro-hyoïdienne, saisir l'épiglott
gue et ramener le larynx en avant de façon à mett
évidence.

4° *Observation directe sur l'homme, laryngoscopie.*
Garcia (en 1854) fut le premier qui observa directeme
le vivant. Il introduisit dans l'arrière-bouche un petit m
préalablement chauffé pour éviter la condensation de l
le miroir était incliné de façon à recevoir les rayons
renvoyer sur le larynx et l'image renversée de la glotte
chir dans l'œil de l'observateur. Le procédé imaginé
perfectionné par Czermak, Turck, Mandl, etc., et le mir
laryngoscope a rendu les plus grands services à la phy
médecine. Les figures 97 et 98 (page 567) représentent
parties supérieures du larynx telles qu'on les voit da
ordinaire et profonde.

Le larynx ne peut être assimilé complétement
instruments connus; mais il se rapproche beaucou
ments à anches. Les cordes vocales inférieures re
effet des anches membraneuses, mais des anch
ce caractère particulier de pouvoir varier à c
de longueur, d'épaisseur, de largeur et de tensi

onditions de la production de la voix.

onditions sont essentielles pour la production de la aut d'abord que le courant d'air expiré présente une ression, et en second lieu que les cordes vocales soient

sion du courant d'air expi Pour que l'air puisse er en vibration les cordes , il faut que cet air it où il traverse la glotte, la se sous une pression pour écarter les cordes v s de leur position d'é- Cette pression a pu être me en adaptant un mano- trachée; Cagnard-Latour uvé (sur une femme) nètres d'eau pour les sons moyenne hauteur, 200 ons élevés, 945 pour les so s plus élevés possibles. l'air de la trachée acquière pression indispensable action du son, il faut, d'une part, que la masse gazeuse aériennes soit comprimée par l'action des muscles rs et il faut, d'autre part, que cet air ainsi comprimé ne échapper trop rapidement; de là la nécessité, dans la t, de donner à la glotte la forme d'une fente étroite qui acle à la sortie de l'air expiré et permette à cet air de se à la pression nécessaire pendant la production des si voit-on une ouverture à la trachée abolir instantané- oix en permettant l'issue facile de l'air expiré et en par conséquent sa pression au-dessous du minimum able. Si la voix ne peut se produire à l'inspiration (sauf ques cas exceptionnels), c'est uniquement parce que la de l'air inspiré est trop faible pour faire vibrer les cales.

ion des cordes vocales. — Pour que les cordes vocales vibrer, il ne suffit pas que le courant d'air expiré ait ne pression, il faut encore que les cordes vocales soient t cette tension a lieu en longueur, en largeur et en La tension en longueur se fait par l'écartement de points d'insertion antérieur et postérieur; la tension par leur rapprochement de la ligne médiane et le ent de la glotte; leur tension en épaisseur par la con- n faisceau interne du thyro-aryténoïdien; la corde

vocale forme ainsi un ensemble élastique susceptibl
En outre, la force ou la pression du courant d'air expi
aussi la tension de la corde vocale.

La physiologie des muscles qui agissent sur les co
pour faire varier leur longueur, leur tension et les di

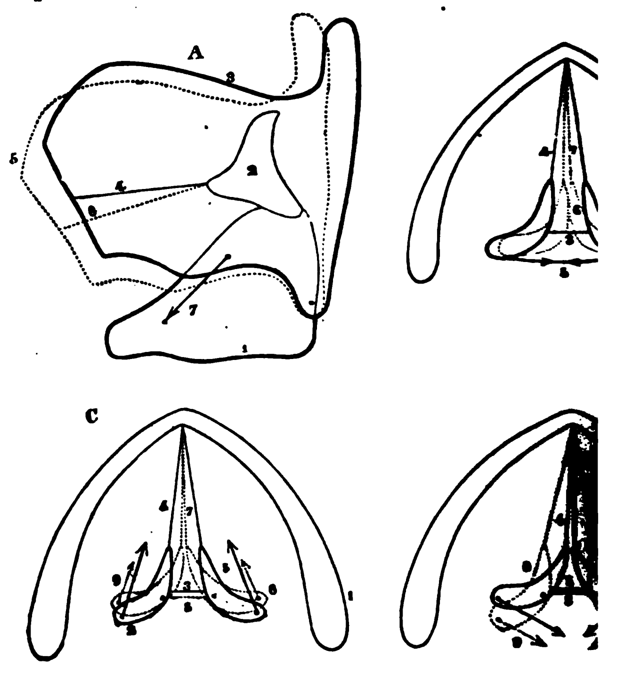


Fig. 109 — Action des muscles du larynx. (Beaunis et Bouch

la glotte, est étudiée dans les traités d'anatomie, aux
voie. Je me contenterai de donner ici une figure schém

Fig. 109. — Les lignes ponctuées indiquent la position nouvelle prise par les cordes vocales inférieures par l'action du muscle; les flèches indiq moyenne dans laquelle s'exerce la traction des fibres musculaires.

A. *Action du crico-thyroïdien.* — 1. Cartilage cricoïde. — 2. Cartilag 3. Cartilage thyroïde. — 4. Corde vocale inférieure. — 5. Cartilage thyroïd tion). — 6. Corde vocale inférieure (*id.*).

B. *Action de l'aryténoïdien postérieur.* — 1. Coupe du cartilage thyroïd aryténoïde. — 3. Bord postérieur de la glotte. — 4. Corde vocale. — 5. F musculaires. — 6. Cartilage aryténoïde (nouvelle position). — 7. Corde vocal

C. *Action du crico-aryténoïdien latéral.* — Même signification des chiffres. rieur de la glotte (nouvelle position). — 9. Direction des fibres musculaires (

D. *Action du crico-aryténoïdien postérieur.* — Même signification des chiffr

au lecteur les notions les plus essentielles sur l'action
uscles.

pourtant un de ces muscles qui, à cause de son impor-
érite une mention spéciale, c'est le thyro-aryténoïdien
contenu dans l'épaisseur même de la corde vocale. Ses
sculaires sont intimement rattachées par du tissu élas-
face profonde de la muqueuse, de sorte qu'il ne peut
pendant la vie et à l'état normal, de vibration isolée du
queux du bord libre de la corde vocale: le tout, muscle,
tique et muqueuse, constitue au contraire un petit sys-
ant, inséparable et solidaire, dont la tension est sous la
ce immédiate de la contraction du muscle.

2° *Émission du son.*

on se dispose à émettre un son, la glotte se ferme,
sa totalité (*fig.* 110), soit seulement dans sa partie
euse (*fig.* 111), ou se rétrécit simplement sans se fermer



Disposition préalable pour
n d'un son. (Mandl.)



Fig. 111. — Occlusion de la partie ligamenteuse de la glotte. (Mandl.)

t (*fig.* 112, page 590). Il y a donc occlusion plus ou
faite due au rapprochement des cartilages aryténoïdes
s apophyses vocales. En même temps les cordes vocales
t le degré de longueur et de tension qui correspond au
veut émettre.

ux ainsi disposé, l'émission du son se produit, les cordes
écartent brusquement l'une de l'autre et entrent en vi-

b, bourrelet de l'épiglotte. — *rs*, corde vocale supérieure. — *ri*, corde vocale
r, cartilage aryténoïdien.

b, bourrelet de l'épiglotte. — *rs*, corde vocale supérieure. — *ri*, corde vocale
r, glotte interaryténoïdienne. — *ar*, cartilage aryténoïdien. — *c*, cartilage cunéi-
repli ary-épiglottique. — *ir*, repli interaryténoïdien.

bration sous l'influence du courant d'air expiré, chass
la glotte.

Ces vibrations sont faciles à constater au laryngo
est aisé de voir que toute l'épaisseur de la corde vocale participe à l'oscillation. Ces vibrations sont transversales ; la corde vocale est poussée en haut par le courant d'air, comme le serait une corde sous l'action d'un archet, puis quand son élasticité fait équilibre à la pression de l'air expiré, elle redescend en dépassant sa position d'équilibre, est repoussée de nouveau par l'air expiré et exécute ainsi une série de mouvements



Fig. 112. — Rétrécisse
(Mandl.) (Voir p

de va-et-vient, de vibrations dont le nombre et
varient suivant des conditions qui seront étudiées
Jamais on n'a observé de vibrations des cordes vocales

Les vibrations des cordes vocales inférieures, par
ne donneraient que de faibles sons ; mais ces oscil
duisent des chocs rapides et périodiques de l'air expi
glottique et font entrer en vibration l'air contenu da
sonore, c'est-à-dire dans les cavités situées au-dessus
Dans le larynx donc, comme dans les instruments à
l'air qui est le corps sonore, et les cordes vocales
régler la périodicité et les caractères du son.

3° *Caractères de la voix.*

1° *Intensité.* — L'intensité de la voix dépend uni
l'amplitude des vibrations des cordes vocales, et par
est sous la dépendance immédiate de la force du c
expiré. L'intensité du son laryngien est renforcée p
nance des masses d'air contenues dans les cavités s
glottiques et des parois de ces cavités. La trachée et l

Fig. 112. — *l*, langue. — *e*, épiglotte. — *pe*, repli pharyngo-épiglottiq
pharyngo-laryngée. — *ae*, repli ary-épiglottique. — *c*, cartilage cunéiform
aryténoïde. — *r*, repli interaryténoïdien. — *o*, glotte. — *v*, ventricule. —
inférieure. — *ts*, corde vocale supérieure.

ıent agissent comme appareil résonnant; quand la poi-
large et spacieuse, la voix est plus forte. On sent du
faitement, en appliquant la main sur les parois thora-
ndant l'émission d'un son et surtout d'un son grave, les
s de ces parois.
ıteur du son. — La hauteur de la voix dépend du nombre
tions des cordes vocales et de l'air du tuyau sonore.
ibrations sont rapides, plus le son est aigu. Les lois qui
la hauteur du son pour le ynx sont les mêmes que
membranes élastiques et l anches membraneuses. Les
s qui ont le plus d'influenc ont: la longueur, la largeur
t la tension des cordes vc ales. Les cordes vocales des
nfants, moins longues et moins larges, donnent aussi
plus aigus. Les cordes vocales sont moins tendues dans
raves, plus tendues dans les sons élevés.
e du courant d'air peut faire hausser aussi la hauteur du
ller a vu dans ses expériences qu'en forçant le courant
ouvait faire monter le son d'une quinte, la tension des
cales restant la même.
gueur du porte-vent (trachée) et du tuyau sonore (larynx,
etc.) n'a aucune influence sur la hauteur du son. L'as-
u larynx qu'on observe dans les sons aigus est donc un
ıénomène accessoire et sans importance essentielle dans
ction du son. Cette ascension du larynx dans les sons
elle due à la pression seule de l'air, ou à l'action des
élévateurs de l'os hyoïde? Il est difficile de décider la

ux humain peut donc émettre des sons de hauteur va-
ıais seulement dans de certaines limites; l'*étendue* de
u la série de sons que peut parcourir la voix du grave
est en moyenne de deux octaves, et peut être portée à
ıves et demie par l'exercice, et ce n'est que dans des cas
nels que cette étendue atteint trois octaves et même
ves et demie, comme chez le célèbre chanteur Farinelli.
arole ordinaire, la voix ne parcourt guère qu'une demi-

ue moyenne de deux octaves attribuée à la voix hu-
ut, suivant les individus et les sexes, correspondre à des
lus ou moins élevées de l'échelle musicale, et on a
e point de vue les voix, en allant des plus basses aux

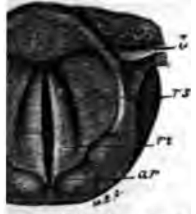
plus élevées, en voix de basse, baryton, ténor (homme) et c
tralto, mezzo-soprano et soprano (femme). Le tableau suivant
cette classification en regard de l'échelle musicale, en même
que le nombre des vibrations doubles pour chacun des so

		Nombre de vibrations doubles.	Voix
Octave quarte de 1/2 pied.	Ut....	1056	Soprano.
Octave tierce de 1 pied.	Si....	990	
	La....	880	Mezzo-soprano.
	Sol...	792	
	Fa....	704	Contralto.
	Mi....	660	
	Ré....	594	
	Ut....	528	
Octave seconde de 2 pieds.	Si....	495	Ténor.
	La (¹).	440	
	Sol...	396	
	Fa....	352	Baryton.
	Mi....	330	
	Ré....	297	Basse.
	Ut....	264	
Petite octave de 4 pieds.	Si....	247,5	
	La....	220	[illegible]
	Sol...	198	
	Fa....	176	Contralto.
	Mi....	165	
	Ré....	148,5	
	Ut....	132	Ténor.
Grande octave de 8 pieds.	Si....	123,75	
	La....	110	
	Sol...	99	Baryton.
	Fa....	88	
	Mi....	82,5	Basse.

On voit par ce tableau que la voix humaine se meut da
échelle de sons qui embrasse un peu plus de trois oct

(¹) Le *la* du diapason officiel est en France de 435 vibrations.

lques voix exceptionnelles dépassent cette limite; s la *Flûte enchantée*, atteint le *fa* de l'octave quarte, et d'une cantatrice, la Bastardella, qui donnait l'*ut* de ite correspondant à 2,112 vibrations.
ement, pour une voix donnée, l'émission des sons s sons aigus ne se fait pas de la même façon, et la roduite sur l'oreille dans les deux cas est différente; s graves, la voix est pleine, volumineuse et s'accom- e résonnance des parois thoraciques, c'est la *voix de registre inférieur*; dans les sons aigus, la voix est e, plus perçante et la résonnance se fait surtout dans upérieures du tuyau sonore, d'où le nom de *voix de* ore *voix de fausset*, ou *registre supérieur*. Les sons ves ne peuvent être donnés qu'en voix de poitrine, gus qu'en voix de tête; mais les sons intermédiaires euvent être émis dans les deux registres, et les chan- s peuvent même passer graduellement et par tran- nsibles de la voix de poitrine à la voix de tête, ce alors à la voix des caractères particuliers qui lui ont fait donner le nom de *voix mixte*.
le poitrine et la voix de tête diffèrent non-seulement re et les caractères sensitifs, mais elles diffèrent encore inisme de la glotte.
voix de poitrine, la glotte interaryténoïdienne est ou- glotte ligamenteuse représente une fente ellipsoïdale



de poitrine; sons graves. (Mandl.)

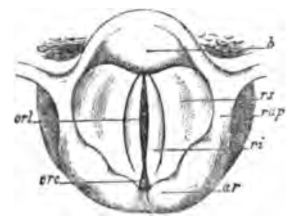


Fig. 114. — Voix de poitrine; médium. (Mandl.)

dans les sons graves (*fig.* 113), un peu moins dans le *g.* 114) et très-étroite dans les sons aigus (*fig.* 115).

, bourrelet de l'épiglotte. — *or*, orifice glottique. — *rs*, corde vocale supé- de vocale inférieure. — *rap*, repli ary-épiglottique. — *ar*, cartilages aryté-

5. — *orl*, glotte ligamenteuse. — *orc*, glotte interaryténoïdienne. Les autres s la figure 113.

La constriction de la glotte, portée très-loin dans la
trine, la rend très-fatigante. Les vibrations des cord
surtout de leur partie ligamenteuse sont très-visib
goscope, et s'accompagnent de vibrations marquée
sibles à la main des parois thoraciques.

Dans la *voix de tête* (*fig.* 116), la glotte interar



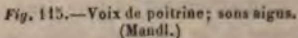


Fig. 115.—Voix de poitrine; sons aigus. (Mandl.)



Fig. 116. — Voix de tê (Mandl.

est complétement fermée ; la glotte ligamenteuse,
est ouverte et, au lieu de former comme dans la voi
une fente linéaire, représente une ouverture assez lar
par conséquent une plus large issue au courant
Aussi, pour une même quantité d'air inspiré, les not
sont-elles tenues moins longtemps que les notes
(Garcia). En outre, les cordes vocales supérieures s'a
les cordes vocales inférieures, qui ne peuvent plu
par leurs bords (J. Müller) et leur partie moyenne.
fausset s'accompagne d'une résonnance dans les
ryngée, nasale et buccale.

De nombreuses théories ont été faites pour expliquer
de la voix de fausset. Le mécanisme décrit ci-dessus
celui qui a été admis par Mandl. Segond, se basant sur de
pratiquées sur des chats, regardait la voix de fausset co
par les vibrations des cordes vocales supérieures. Pour
glotte offrirait le contour d'un trou de flûte, et les cord
vibreraient plus à la manière d'une anche, mais c'est
comme dans la flûte, entrerait en vibration.

Fig. 116. — *l*, langue. — *e*, épiglotte. — *pe*, repli pharyngo-épiglottiq
épiglottique. — *ts*, cordes vocales supérieures. — *ti*, cordes vocales infé
tières pharyngo-laryngées. — *ar*, cartilages aryténoïdes. — *c*, cartilage
o, glotte vocale, — *r*, repli interaryténoïdien.

re de la voix de fausset diffère du reste beaucoup du timbre de poitrine.

ibre de la voix. — Le timbre de la voix, comme celui du nd du nombre et de l'intensité des harmoniques. Le son st un son complexe, constitué par un son fondamental tain nombre d'harmoniques; Helmholtz, au moyen de urs, a trouvé les six ou hui emiers harmoniques nette- eptibles, seulement les ha)niques sont plus difficiles er dans la voix humaine qu ans les autres instruments, nent à cause de l'habitude. is le timbre propre du son st fortement modifié par la sonnance des cavités supé- la glotte, et principalement de la cavité buccale; certains ues sont renforcés et les diverses positions de la bouche er la résonnance et, par suite, l'intensité de tels ou tels ues, ce qui fait changer le timbre de la voix.

ingue dans la voix deux espèces de timbres, le *timbre* ix *blanche*) et le *timbre sombre* (voix *sombrée*). Les et les physiologistes sont loin de s'accorder sur le mé- le ces deux espèces de voix; cependant on peut affirmer ifférences des deux timbres tiennent surtout au mode nance différent du tuyau sonore dans les deux cas.

timbre clair, le larynx est élevé, le tuyau sonore plus porte-vent plus long, l'ouverture buccale largement ou- la vocalisation est plus facile sur les voyelles *e* et *i*.

timbre sombre, le larynx est abaissé, le tuyau sonore , le porte-vent plus court, l'ouverture buccale est rétrécie, emiers harmoniques du son laryngé fondamental sont , tandis que ce renforcement n'existe pas dans le timbre vocalisation est plus facile sur les voyelles *o*, *u*, *ou*, la ion sur la voyelle *a* peut se faire aussi bien dans les bres.

ue du son. — Pour que le son puisse être *tenu* un certain faut que le courant d'air expiré ne trouve pas une issue e à travers la glotte; sans cela, sa pression diminuerait et ne suffirait plus pour faire entrer les cordes vocales tion. De là la nécessité d'une fente glottique étroite et te d'équilibre entre l'action des puissances expiratrices issances inspiratrices pour régler le débit de l'air expiré, ue Mandl a appelé la *lutte vocale*.

une augmentation graduelle de tension des cordes v
vu en effet, plus haut, que la force du courant d'air a
fluence sur la hauteur du son.

La *souplesse* et l'*agilité* de la voix dépendent de la r
laquelle se font les changements de tension des cord

4° *Influence de l'âge et du sexe*

1° *Age*. — Chez l'enfant, la voix est plus aiguë et,
de six ans, n'a guère plus d'une octave d'étendue.
puberté, les caractères de la voix sont à peu près les
la femme et chez l'homme, mais à partir de ce mom
subit des modifications considérables qui constitue
appelle la *mue* et qui correspondent à une congestio
vocales qui acquièrent alors leur développement co
caractères de l'état adulte. Pendant tout le temps de
voix est sourde, gutturale, enrouée, puis après la m
tate que la voix a baissé d'une octave chez les garço
tous chez les filles et qu'elle a subi en même temp
fications notables de timbre et d'intensité. Dans la
voix s'altère de nouveau; son intensité diminue, s
s'abaisse, son timbre change et elle devient chevrota
de la fatigue des muscles expirateurs.

2° *Sexe*. — Le tableau de la page 592 fait sentir
différences des voix de femme et des voix d'homme

a un autre timbre et est plus agile et plus souple que l'homme.

ix des *castrats* se rapproche de la voix enfantine, mais s d'ampleur et de développement. Il n'y a pas encore gtemps que la castration était pratiquée dans le but de les chanteurs pour les solennités religieuses et artistiques rticulier pour la chapelle papale.

ries de la voix. — Les nombreuses théories de la voix s qu'un intérêt historique (uis les travaux modernes t depuis l'invention du la goscope. Aussi je me conde renvoyer pour cette que...n aux traités spéciaux cités bibliographie.

aphie. — DODART : *Sur les Causes de la voix de l'homme* (Mém. de les sciences, 1700 à 1707). — FERI : *De la Formation de la voix de* (Mém. de l'Acad. des sciences, 17 — SAVART : *Mémoire sur la voix* Annales de chimie et de phys., 18 — MALGAIGNE : *Nouvelle Théorie humaine* (Archives génér. de méd , 1830). — J. MULLER : *Traité de ie*, traduction française, 1845 et 18 — PÉTREQUIN et DIDAY : *Mémoire canisme de la voix de fausset* (Gaz. ...icale, 1844). — GARCIA : *Mémoire ix humaine*, 1847. — A. SEGOND : *Sur la Parole*, etc. (Arch. de méd., 1848 — C. L. MERKEL : *Anat. und Physiologie des menschlichen Stimm- und gans*, 1857. — J. CZERMAK : *Du Laryngoscope*, 1860. — C. BATTAILLE : *Resur la phonation*, 1861. — MOURA-BOUROUILLON : *Cours complet de laryn-* 1861. — E. FOURNIÉ : *Physiologie de la voix et de la parole*, 1866. — LTZ : *Théorie physiologique de la musique*, 1868 et 1874 ; traduit par GUÉ- — M. J. ROSSBACH : *Physiologie der menschlichen Stimme*, 1869. — L. MANDL : *atique des maladies du larynx*, 1872.

4° PAROLE.

ole se compose de sons dits *articulés*, produits dans le litionnel (cavité buccale et pharyngienne) et qui se comrec les sons laryngés proprement dits.

la parole à haute voix, le son laryngé se forme à la cale par le mécanisme décrit dans la phonation, et la eut dans ce cas recevoir le nom de *voix articulée*. Dans à voix basse, au contraire, ou chuchotement, il n'y son laryngé que le frottement de l'air qui traverse la terarytenoïdienne, la glotte vocale restant fermée. Il y nc entre la parole à haute voix et le chuchotement plus imple différence d'intensité. Cependant, d'après Czermak, vocale prendrait part au chuchotement.

des sons a lieu habituellement dans l'expiration ction de la voix ; ce n'est qu'exceptionnellement

1° Conditions générales de la produc[...]
des sons articulés.

Les cavités sus-laryngiennes, pharynx, bouche, foss[...] constituent une sorte de tube additionnel qui joue dé[...] on l'a vu dans la phonation, un certain rôle dans la [...] de la voix, mais qui joue le rôle essentiel dans la paro[...]

Ce tube additionnel présente des parties fixes, des [...] variables de forme, comme les cavités nasales, et [...] mobiles, comme la langue, les lèvres, le voile du pala[...] ces dernières qui, par leur variation, produisent les[...] modes d'articulation, et les premières ne servent que [...] de résonnance et de renforcement.

A sa partie supérieure, le tube additionnel se bi[...] courant d'air expiré a donc deux issues, par la bouch[...] fosses nasales, et comme on le verra plus loin, il y a [...] disposition le point de départ d'une catégorie part[...] sons, sons nasaux, qui se produisent quand l'air p[...] bouche et par les fosses nasales. Mais les variations d[...] la cavité buccale sont encore plus importantes, et ces [...] amenées par les mouvements du voile du palais, de la[...] des lèvres, déterminent les différentes espèces de son[...]

Ces variations des cavités buccale et pharyngienne[...] tantôt dans de simples changements de forme qui n'in[...] pas la continuité du tube additionnel, et laissent le pa[...] expiré, tantôt dans de véritables occlusions qui arrête[...] tanément la sortie de l'air. D'après la disposition [...]

le *régions d'articulation*, tels sont l'isthme du gosier, compris entre les arcades dentaires et la pointe de la l'orifice labial. Cependant il ne faudrait pas croire que ons d'articulation soient strictement délimitées, et grâce à lité de la langue, tous les points de la cavité bucco-ienne peuvent en réalité donner naissance à des sons .

2° *Caractères distin des voyelles et des cons s.*

emière division qui se pr nte dans l'étude des sons est la division classique e *voyelles* et en *consonnes* [1]. ucoup discuté sur la valeu e cette division et sur les s distinctifs de ces deux ordres de sons, et en effet, travaux récents de Willis et d'Helmholtz, l'oreille seule ore le meilleur criterium pour les distinguer les uns des ussi toutes les définitions données étaient-elles passibles ons [2] et beaucoup de physiologistes en étaient-ils arrivés nfondre. Mais aujourd'hui cette distinction est faisable donner raison à la doctrine classique.

yelles sont des sons formés dans le larynx et dont cer-rmoniques sont renforcés par la résonnance du tube nel.

nsonnes sont des sons formés dans le tube additionnel cés par le son laryngien.

ériences sur lesquelles se base cette distinction des voyelles sonnes sont dues principalement à Helmholtz. La voix hu-

division en voyelles et en consonnes existe dans toutes les lan-*voyelles* sont les *sons purs* du sanscrit, les *sons-mères* des Chinois, *lettres* des Juifs, les *phoneenta* des Grecs, les *Hauptlaute* des . Les *consonnes* sont les *sons auxiliaires* des Chinois, les *corps* des Juifs, les *symphona* des Grecs, les *Hülflaute* des Allemands.

quelques-uns des principaux caractères distinctifs sur lesquels généralement : Les voyelles peuvent être émises seules, les con-peuvent être émises sans les voyelles. — Les voyelles sont des consonnes sont des bruits. — Les voyelles sont continues, les sont caractérisées par un arrêt momentané du courant d'air ex-voyelles sont des modifications simples de la cavité buccale, s modifications doubles. Ce n'est pas ici le lieu de discuter conditions.

maine présente des harmoniques qu'on peut reconnaître facilem
l'aide des résonnateurs. Or, la cavité buccale représente un vé
résonnateur accordé pour un son déterminé, variable suivant la
de la cavité buccale et qui renforce l'harmonique correspondant
voix laryngienne. Si on place successivement une série de dia
vibrants devant la bouche ouverte, il arrive un moment où l'un de
pasons vibre avec une très-grande force quand il est d'accord av
de la cavité buccale, et on peut ainsi, en faisant varier la forme d
cavité, trouver la hauteur du son correspondant. C'est grâce à ce
que Helmholtz a trouvé les hauteurs suivantes pour les diff
voyelles ; je donne à côté les résultats obtenus par Kœnig :

	Helmholtz.	Kœnig.
OU.	Fa^{1}	Si♭
O	Si♭^{2}	Si♭^{1}
A	Si♭^{2}	Si♭^{2}
E	Si^{4} — fa^{2}	Si♭^{3}
I.	Ré^{4} — fa^{1}	Si♭^{4}

Aussi comprend-on pourquoi les voyelles se chantent mie
les notes dont un harmonique correspond au son propre de la v

On peut mettre en évidence le timbre des voyelles à l'ai
flammes manométriques. Cette méthode, imaginée par Kœnig,



Fig. 117. — Méthode des flammes manométriques de Kœnig. (Voir page 60

'état vibratoire d'une masse d'air par l'agitation qui est commu-
la flamme d'un bec de gaz (*fig.* 117, page 600).
endre visibles les variations de hauteur de la flamme, on place
lle un miroir vertical qui tourne rapidement. Si la flamme ne
de hauteur, on voit une bande lumineuse ; si elle varie de
elle présente des découpures dont la disposition correspond à
des vibrations sonores.
re 118 représente l'appareil de Kœnig construit sur le même
pour analyser les sons des voyelles, et la figure 119 donne,

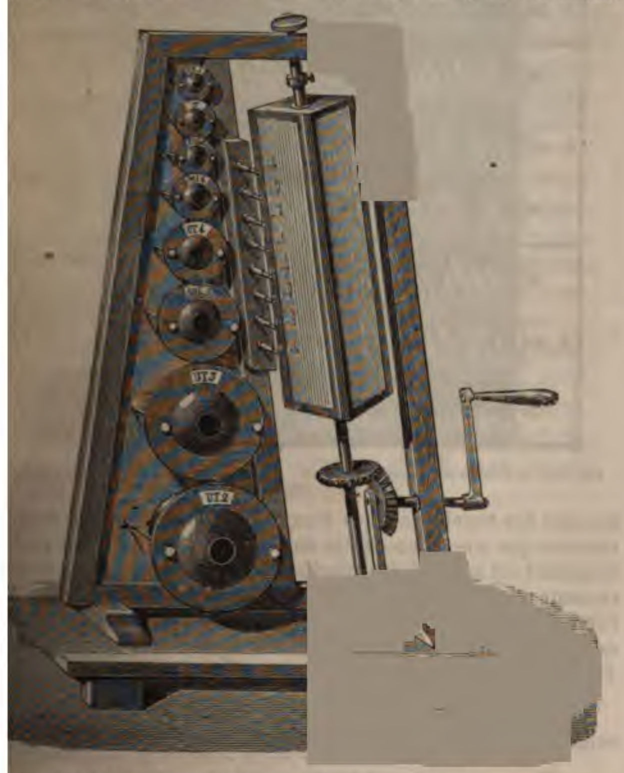


Fig 118. — Appareil à flammes manométriques de Kœnig.

e même physicien, la forme des flammes qui caractérisent les
A, O, OU, chantées successivement sur les notes, *ut*¹, *sol*¹,
oit immédiatement quels sont les harmoniques renforcés par
opre de la voyelle.

Mais on ne s'est pas contenté d'analyser le timbre des
est arrivé à les recomposer artificiellement. Willis avait

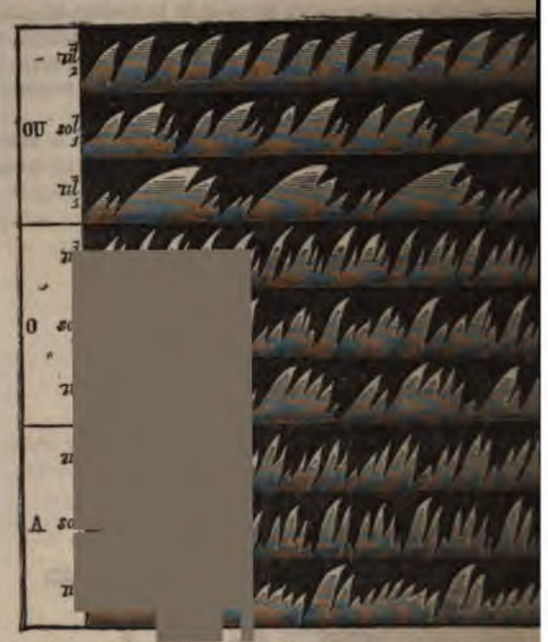


Fig. 119. — Timbre des voyelles A, O, OU, rendu visible par les flammes
(Kœnig.)

les sons des voyelles à l'aide d'un ressort plus ou moins
vibration par une roue dentée ainsi qu'avec des tuyaux à
Helmholtz est arrivé à des résultats beaucoup plus précis
ressants avec une série de diapasons mis en mouvement
cité et dont le son était renforcé par des résonnateurs ac
de chaque diapason. (Voir, pour la description de l'appare
Théorie physiologique de la musique.)

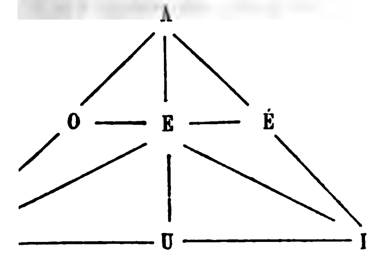
Le timbre des consonnes est beaucoup plus difficile à
celui des voyelles.

3° *Des voyelles.*

Les voyelles sont formées dans le larynx comm
plus haut, et aucun son buccal ne se mêle au son gl

forme prise par la cavité buccale, la réson-
ité varie et cette résonnance fait prédominer
tel ou tel harmonique et détermine le timbre
voyelle.

autant de voyelles différentes qu'il peut y avoir
ntes de la cavité buccale, et comme on peut
sitions insensibles d'une forme à l'autre, il y
finité de voyelles possibles : mais on peut
certaines voyelles primit
et qui se retrouvent à pe
re ces voyelles primitive
aires plus ou moins non
léfiniment si on voulait
de dialecte, de langue e
mitives sont au nombre rois sur-
vent être considérées co nentales ;
É, I, U. Toutes ces voye peuvent être con-
ant pour point de départ notre E muet (comme
en somme que l'exagération du murmure res-
ation, quand l'air expiré, au lieu de passer par
a bouche entr'ouverte. La cavité buccale se
une sorte de position d'équilibre, d'état indif-
ut sortir pour prendre alors la forme corres-
ne des six voyelles primitives. La figure sui-
nit alors les rapports de cet E avec les six
voyelles entre elles :



es les voyelles intermédiaires peuvent se pla-
s situés entre deux voyelles voisines.

antes donnent la forme de la cavité buccale

dans l'émission des trois voyelles principales OU, A e
121 et 122) :

Dans l'OU, la cavité buccale a la forme d'une so

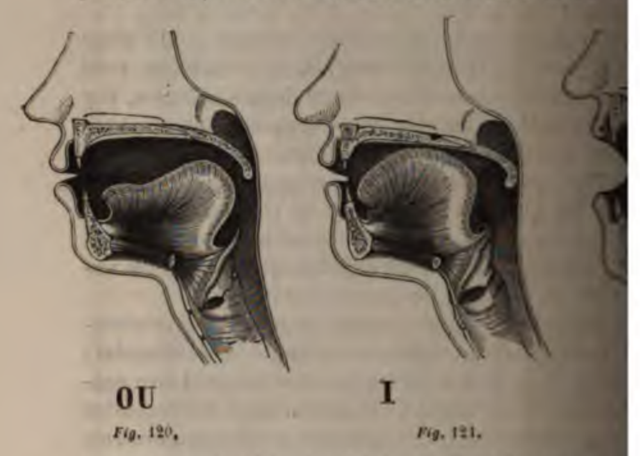


Fig. 120. Fig. 121.

arrondie sans col ou à col très-court, et l'orifice bu
étroit (*fig.* 120); aussi l'OU donne-t-il le son le plus
les voyelles.

Dans l'I (*fig.* 121), la langue est élevée et presqu
palais, dont elle n'est séparée que par un isthme ét
sulte que la cavité buccale a la forme d'une fiole
et à ventre très-court; aussi cette voyelle a-t-elle l
élevé et, d'après Helmholtz, elle aurait deux sons,
panse et l'autre pour le col.

L'A (*fig.* 122) est intermédiaire entre l'OU et l'I; l
plus ou moins écartées et la bouche figure un ento
en avant. Pour beaucoup de physiologistes, l'A ser
primitive, la voyelle par excellence, celle qui pe
pour point de départ de toutes les autres.

Les autres voyelles, O, É, U, répondent à des for
vité buccale intermédiaires entre les formes préc
sera facile de les retrouver sans qu'il soit besoin d'
une analyse plus détaillée.

Dans toutes ces voyelles, le voile du palais emp
munication des fosses nasales avec le pharynx. Si
l'eau dans les fosses nasales pendant qu'on prononce

il ne passe pas une goutte d'eau dans l'OU, l'O et l'I ; il en passe un peu dans l'É et surtout dans l'A, ce qui prouve que dans ces voyelles l'occlusion n'est pas hermétique. On arrive au même résultat en plaçant devant l'orifice des narines un miroir ; la glace ne se ternit pas dans l'émission des voyelles, ce qui prouve que le courant d'air expiré ne passe pas par les fosses nasales.

On peut rendre ceci visible par la méthode graphique. Si on enregistre la pression de l'air des voies aériennes par le procédé indiqué page 434, on voit qu'au moment où se fait la parole à haute voix, la pression reste sensiblement la même dans les fosses nasales dans l'intervalle des respirations, sauf de légères ascensions qui correspondent aux sons nasaux pendant lesquels l'air expiré sort par les fosses nasales (*fig.* 123).

On peut cependant prononcer les voyelles, à l'exception de l'I et de l'OU, en tenant ouverte la communication des fosses nasales et du pharynx ; ces voyelles acquièrent alors un timbre particulier qui leur a fait donner le nom de voyelles *nasales* : ON, AN, EN, UN. Cette résonnance nasale est encore plus prononcée quand on ferme ou qu'on rétrécit l'orifice des narines ; or, même dans ces conditions, la nasalisation de l'I et de l'OU est à peu près impossible, ce qui s'explique par l'occlusion hermétique des fosses nasales nécessaire pour prononcer ces deux voyelles.

Fig. 124. — Graphique de la parole à haute voix.

ligne de l'expiration. — I, ligne de l'inspiration. La croix indique le début
se lit de droite à gauche. Le trait horizontal indique le début de la parole à

sonnes. Dans l'articulation des consonnes, certai
biles du tube additionnel se rapprochent de fa
une sorte de glotte temporaire, susceptible de p
sous l'influence du courant d'air expiré. Ce so
vu, s'ajoute au son glottique véritable et est r
Les sons ainsi formés se rapprochent beaucoup d
sentent des caractères particuliers qui permetten
rer aux bruits qui, dans les instruments, accom
le son musical (râclement de la guitare, frôleme
violon, souffle de la flûte, etc.).

Il faut distinguer, dans la formation des con
de production du son et le lieu où il se forme,
région d'articulation.

Les *régions d'articulation* se rencontrent d
principaux : 1° au niveau du voile du palais et
langue (*consonnes gutturales*) ; 2° au niveau de l
supérieure et de la partie antérieure de la voûte
langue (*consonnes linguales*) ; 3° au niveau de
(*consonnes labiales*). Cette division ne doit serv
idées et à faciliter le classement des consonnes ; c
y a un bien plus grand nombre de régions d'arti
les points intermédiaires peuvent donner lieu à
consonnes. Aussi Max Müller, par exemple, admo
d'articulation, et il serait aisé d'en multiplier enc

Le *mode de formation* du son peut avoir lieu
différentes, auxquelles correspondent les quatre
sonnes suivantes :

ns la première espèce, le tube additionnel est simple-
tréci dans la région d'articulation et l'émission du son
e tant que dure le courant d'air expiré ; ce sont les *con-
continues* : telles sont les gutturales CH et J, les linguales
les labiales V, F.

ns la seconde espèce, il y a occlusion complète et mo-
e dans la région d'articulation ; le son ne dure qu'un
t se forme soit au mome[illegible] l'occlusion *a*B, soit au
de l'ouverture B*a*. Ces con[illegible] sont toujours associées
yelles qui les précèdent o[illegible] es suivent. Ce sont les
es explosives (*muettes*) : te[illegible] t les gutturales G, K,
ales D, T, les labiales B, [illegible]

s la troisième espèce, la r[illegible] l'articulation représente
e d'anche ou de languette [illegible] mise en vibration par
nt d'air expiré et donne [illegible] son tremblé, une sorte de
nt : ce sont les *consonnes vibrantes* : telles sont l'R, qui
suivant la région d'articulation en R guttural, lingual et
t l'L, qui se forme par les vibrations des bords de la
dont la pointe est fixée contre la partie antérieure du

ns les trois espèces précédentes, l'air expiré passe par la
et les fosses nasales sont hermétiquement fermées ; mais
aisse le voile du palais pour établir la communication,
onnes formées dans les diverses régions d'articulation
t un timbre spécial et on a les *consonnes nasales*. Ce
ivant la région d'articulation, la nasale gutturale NG, la
nguale N, et la nasale labiale M.

bleau suivant représente les genres et les espèces de con-

		RÉGIONS D'ARTICULATION.		
		Labiales.	Linguales.	Gutturales.
s	dures	F	S	CH
	molles.	V, W	SCH, Z	J
es simples.	dures.	P	T	K
	molles. . . .	B	D	G
aspirées.	dures	PH	TH	KH
	molles	BH	DH	GH
. . . .			L	
		R	R	R
. . . .		M	N	NG

Les figures 124 à 129 donnent les formes diverses d
buccale, dans les divers genres de consonnes, suiv
gions d'articulation et le mode de formation du son.

D'après quelques auteurs, outre les sons formés da

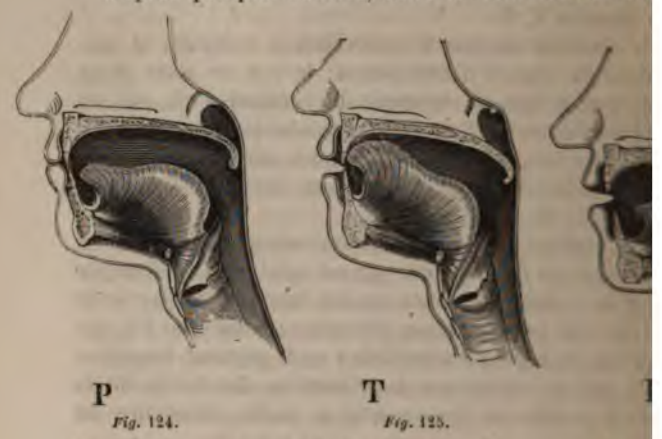


Fig. 124. Fig. 125.

bucco-pharyngienne, il s'en produirait encore dans
même. Ainsi, d'après Czermak, les consonnes guttura
se produiraient à l'orifice supérieur du larynx.

Enfin, il faut ranger à part l'esprit rude, *spiritus as*

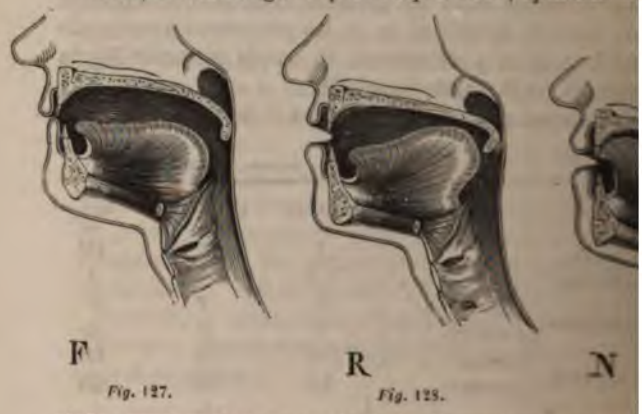


Fig. 127. Fig. 128.

pirée, sur lequel il y a eu tant de discussions gramm
physiologiques qui ne sont pas encore terminées. L'es

us lenis, ne paraît être autre chose que le souffle léger dû
récissement de la glotte au moment où on va émettre un
l se ferait entendre au début de toutes les voyelles qui ne
as précédées de l'esprit rude.
façon dont se forment les consonnes permet d'expliquer
nent les permutations de sons dont on trouve tant d'exem-
ans le langage vulgaire. En premier lieu, tous les sons qui
duisent dans une région déterminée d'articulation pour-
remplacer aisément sous ... ıences diverses ; ainsi,
s labiales on dira B pour P ... r B ; dans les linguales
fondra T et D, dans les gu ... K et G, et une langue
facilement de l'une à l'au ... s permutations se pro-
aussi entre les consonnes ... le même mode de for-
; ainsi L et R (colonel, co ... Enfin, les permutations
t même se faire d'un lie ... culation à l'autre, et la
logie explique aussi ce fai ... ıe nous avons vu qu'en
il y a des transitions inser ... entre les diverses posi-
ue peuvent prendre les parties mobiles de la cavité buc-
l n'y a pour cela qu'à se reporter aux figures données plus
Ainsi la langue hawaïe ne fait pas de distinction entre le K
, et les gens du peuple disent souvent *mèkiè* pour *métier*,
é pour *amitié* (1).

---

crois devoir donner ici, d'une façon plus détaillée, le mécanisme des
ales voyelles et consonnes :
lles. — A (*fig.* 122). La bouche est largement ouverte ; la langue est
e, sauf dans sa partie moyenne qui est un peu bombée et durcie et
la partie inférieure de l'isthme du gosier ; le voile du palais est
nent tiré en bas et entre la paroi postérieure du pharynx et le voile
ve un espace étroit, de sorte que l'occlusion des fosses nasales
s hermétique.
cavité buccale est un peu moins largement ouverte que dans l'A. La
est plus bombée et se rapproche du palais, surtout en arrière, de fa-
onner à la bouche la forme d'une fiole à col rétréci. Le larynx s'élève
ques millimètres en passant de A à E.
121). La cavité buccale est réduite à son minimum ; la langue, très-
e, se rapproche de la voûte palatine et du voile du palais en circons-
un isthme étroit qui s'élargit en avant et en arrière ; l'orifice buccal
me d'une fente transversale. Le voile du palais est élevé et s'applique
la paroi postérieure du pharynx, de façon à fermer hermétiquement
es nasales. Le pharynx est à son maximum de hauteur.
mécanisme est intermédiaire entre A et OU. La cavité buccale est
moins large ; l'orifice labial arrondi, un peu rétréci. Le larynx est
e aussi bas qu'en OU.
e larynx est situé le plus bas possible et les lèvres se por-
avant pour allonger encore le tube additionnel. La langue
xcavée à sa partie antérieure, de façon à transformer la

les premières consonnes qu'il émet sont les labiale
nonciation est facilitée par le volume des lèvre

---

bouche en une sorte de cavité un peu rétrécie en arrièr
en avant par une ouverture arrondie assez étroite (orifice l
U. La cavité buccale a une forme intermédiaire entre OU
prochée de l'I que de l'OU, tandis que l'orifice labial, au
rondi comme dans l'OU, mais encore plus projeté en avan
Consonnes. — 1° *Continues :* F (*fig.* 127). La lèvre supé
contre l'arcade dentaire supérieure; la mâchoire inférieure
en arrière et le bord de la lèvre inférieure vient s'appliqu
bord inférieur des dents supérieures. La langue et la cavi
position de l'expiration vocale ou de l'E muet.
V se prononce à peu près par le même mécanisme.
S. Les arcades dentaires sont rapprochées, et la pointe d
plique soit aux dents inférieures, soit aux dents supérieur
un canal étroit dans lequel le courant d'air vient se brise
tranchant des dents. —Z se produit par le même mécanism
SCH. La pointe de la langue s'applique contre la partie
voûte palatine. Les arcades dentaires sont un peu pl
dans l'S.
CH. Le dos de la langue se rapproche de la base du voil
la forme douce J, à peu près seule usitée en français, le ca
est moins étroit et le voile du palais un peu plus élevé.
2° *Explosives :* P (*fig.* 124). Il y a occlusion complète du
le rapprochement brusque des deux bords de la lèvre su
lèvre inférieure; le son se produit tantôt à l'occlusion, ta
où l'occlusion cesse. La différence entre P et B consiste
Müller, en ce que dans P la glotte est largement ouverte, t
elle est légèrement rétrécie; mais cette différence me pa
une différence dans l'occlusion, qui est moins prononcée d
T, D (*fig.* 125). Dans le T et dans le D, l'occlusion se proc
tion de la pointe de la langue contre la face postérieure
rieures ou l'arcade alvéolaire supérieure.
K, G (*fig.* 126). La partie moyenne (et la base) de la la
contre le voile du palais.
3° *Vibrantes :* L. La pointe de la langue s'applique contr

quand les arcades dentaires s'accroissent et que les
fait éruption, les dentales apparaissent, *ta, da*; enfin,
res à se montrer sont les gutturales, à cause du déve-
t plus tardif du voile du palais; l'enfant dira, par exem-
u pour *gâteau*.

ations individuelles. — Les variations individuelles
nombreuses et dépendent la plupart du temps des dis-
anatomiques des organes de la parole, comme dans le
t, le zézayement, le grass ent [1], etc.; quelquefois,
, leur origine doit être ch e plus loin dans le sys-
veux, comme dans le béga ent, par exemple.
riloquie n'a pas lieu, com on le croit quelquefois,
piration; la voix se produ en réalité, dans l'expira-
ement la glotte est plus ét te et les muscles abdomi-
mettent l'air expiré à une orte pression, ce qui donne
n timbre spécial qui peut tromper sur la distance et la

ations phonétiques. — Les altérations phonétiques
nombreuses et ont une influence capitale dans l'his-
développement des langues. Ces altérations consistent
permutations de sons, en substitution d'un son à un
qui, en général, est voisin du premier. On a déjà vu
quelques-unes de ces permutations entre les consonnes.
s observe aussi entre les voyelles; par exemple, dans
mation si commune de l'A en E, comme dans *rosa* et
altération phonétique qui joue un très-grand rôle dans
langues, c'est la *nasalisation*, comme dans le change-
laterna en *lanterne*. Ces altérations phonétiques tien-

---

langue à l'arcade dentaire supérieure; l'air passe entre la partie
de la voûte palatine et la pointe de la langue et fait entrer celle-ci
n. Dans l'R guttural (*fig.* 128), c'est l'extrémité de la luette qui
bration.
s : M. Elle se produit par l'occlusion des lèvres, comme le P et
ment, le voile du palais est abaissé et le courant d'air passe à la
bouche et les fosses nasales. — L'N (*fig.* 129) se produit par le
anisme que le D, mais avec abaissement du voile du palais. NG
ême, que la nasalisation de G.
plus amples détails sur ce mécanisme si compliqué de l'articula-
ns, voir les travaux cités dans la bibliographie et spécialement
ücke et de Merkel.
isement est la substitution d'une consonne faible à une forte, Z à S,
Le *zézayement* est le remplacement de J ou G par Z. Le *gras-*
t une prononciation spéciale de l'R ou son remplacement par l'L
ression.

tion un caractère général. Ainsi, dans la langue hawaïe,
jamais deux consonnes de suite et les mots ne peuvent j
une consonne. La richesse des langues en consonnes est
on en trouve 48 en hindoustani, 37 en sanscrit, 28 en ar
breu, 20 en anglais, 17 en grec, en latin, en français, en
finnois, 10 et même moins dans les dialectes polynésiens
maintenant les différents groupes de consonnes, on arriv
tats curieux. Les gutturales sont, en général, très-riches
gues sémitiques et plus nombreuses dans les langues p
vages. Cependant elles manquent dans quelques dialectes
Société. Ainsi les indigènes ne pouvaient prononcer le no
Cook ; ils disaient *Tút* pour *Cook*. Parmi les labiales, le
mexicain, en péruvien et en chinois, l'S dans plusieurs la
siennes. Les labiales sont complètement absentes chez
même dans leur enfance, ce qui paraît assez extraordina
manquent dans la langue australienne. Les nasales, si u
çais, n'existent pas chez les Hurons et chez quelques peu
caines. Enfin, l'R manque dans beaucoup de langues et,
en chinois. Il serait bien difficile d'expliquer actuellemen
rités physiologiques.

Outre ces variations presque inexplicables, les langu
d'autres variations plus régulières et qu'on a pu même fo
En général, tout idiome tend à devenir plus commode et p
et les langues sont, comme les organismes, en état de m

---

(1) Comment expliquer, par exemple, que la *jota* espagn
dans les mots venant du latin, comme *mulier*, *filius*, quoiqu
en espagnol ?

(2) C'est surtout sur les finales que ces mutations s'exerc
nous en offre un exemple curieux. Notre E muet remplace l
minaisons latines. Exemple : mus*a*, mus*e*; util*is*, util*e*; c
affirm*o*, j'affirm*e*; affirm*at*, il affirm*e*; templ*um*, templ*e*; ex

ites, mutations d'autant plus rapides que les langues sont plus pau-
s en documents écrits. Ainsi, tandis que dans les langues des peuples
ilisés et possédant une littérature, des siècles peuvent s'écouler
s modifier profondément la phonétique du langage, les dialectes des
uplades sauvages se modifient en quelques années, et quelquefois de
on à devenir méconnaissables [1].

5° *Influence du climat.* — Le climat a une influence réelle
l'articulation des sons, et su : les voyelles. La voyelle
qui exige une large ouvertur e et par conséquent laisse
nétrer profondément l'air ex dans la bouche, est bien
s fréquente dans les langue di, l'arabe par exemple,
dans les langues du Nord. ans le passage du latin au
nçais (du Midi au Nord), voi disparaître et se changer
E muet. De là cette sonorité st le caractère général des
gues méridionales et qui c te avec la sécheresse des
gues du Nord. Cette influen climat se fait sentir aussi,
ique moins fortement, sur ulation des consonnes. Les

Les *lois de Grimm* offrent un remarquable exemple de l'accord qui
te entre la phonétique linguistique et la phonétique physiologique ; c'est
titre que je crois devoir les donner d'après Max Müller : « Si les mêmes
nes des mêmes mots existent en sanscrit, en grec, en latin, en celtique,
lavon, en lithuanien, en gothique et en haut-allemand, lorsque les In-
s et les Grecs prononcent une aspirée, les Goths et, en général, les Bas-
mands, les Saxons, les Anglo-Saxons, les Frisons, etc., prononcent l'ex-
ive douce, et les Hauts-Allemands l'explosive dure correspondantes. Dans
premier changement, les races lithuaniennes, slavonnes et celtiques,
noncent de même que le gothique ; on arrive à cette formule :

Grec et sanscrit	KH	TH	PH
Gothique, etc.	G	D	B
Ancien haut-allemand. . .	K	T	P

uxièmement, si en grec, en latin, en sanscrit, en lithuanien, en slavon
celtique, on trouve une explosive douce, on trouvera en gothique
losive forte et en ancien haut-allemand l'aspirée correspondantes :

Grec, etc.	G	D	B
Gothique.	K	T	P
Ancien haut-allemand . .	CH	Z	F (ph).

oisièmement, lorsque les six langues nommées plus haut montrent une
sonne forte, le gothique montre l'aspirée et l'ancien haut-allemand l'ex-
ive correspondantes. Cependant, dans ce dernier, la loi n'est valable
pour la série linguale ; pour les labiales et les gutturales, on a habituel-
nt F et H au lieu de B et G :

Grec, etc.	K	T	P
Gothique.	H (G, F)	TH (D)	F (B)
Ancien haut-allemand. . .	H (G, K)	D	F (B, V)

s lettres entre parenthèses indiquent les modifications qui se rencon-
néralement que les autres.» Il n'y a qu'à comparer ces for-
s de la page 607, pour voir immédiatement la concordance
e et de la physiologie.

Transcription figurée des sons articulés. — *Alphabet*
Les sons articulés peuvent être symbolisés par des signes
tionnels, ou *lettres,* et la série des sons ainsi symbolisés
constitue l'alphabet de cette langue. Malheureusement,
lesquelles sont construits ces alphabets sont tout à fait
Dans un alphabet phonétique parfait, chaque son simpl
figuré par un signe distinct. Or, il est bien loin d'en êtr
part, certains sons simples, telles sont les voyelles nasa
ne sont figurés par aucun signe ; d'autre part, on trouve
pour figurer des sons composés, X, par exemple, pour
son unique peut avoir deux signes différents. D'Escayrac
calculé qu'en français le son O peut s'écrire de 43 maniér
En outre, les diverses langues donnent des valeurs phon
rentes aux mêmes signes, ce qui introduit une difficulté
l'étude des langues étrangères. Frappés de ces inconvén
et, après lui, plusieurs auteurs ont cherché à construire
phonétiques, de façon que chaque lettre ou chaque sign
à un son déterminé, de sorte qu'une phrase écrite dan
pourrait être prononcée correctement par quelqu'un qui
entendu parler dans cette langue. On aurait donc ains
commun, international, qui, une fois connu et adopté, re
grands services. Malheureusement, pour rendre cet alpl
acceptable, Lepsius conserva les caractères romains usi
part des peuples civilisés et il en résultait cet inconvé
signes adoptés par Lepsius correspondaient, suivant
langue, à des sons articulés différents et qu'il devenait, p
très-difficile de s'accorder sur leur mode de prononciat
l'alphabet de Lepsius présentait des erreurs au point de
gique. Brücke d'abord, puis Thausing, C. L. Merkel, suivi

res, continues, etc.), devaient être représentés par des signes soit ntionnels, soit imitatifs, de façon que l'écriture se calquât sur le nisme physiologique de la parole. Brücke et Merkel employèrent gnes nouveaux, et Thausing une sorte de notation musicale. On ra dans les ouvrages de ces auteurs des phrases écrites dans ces modes de transcription, qui ne peuvent avoir jusqu'ici qu'un in- le curiosité scientifique.

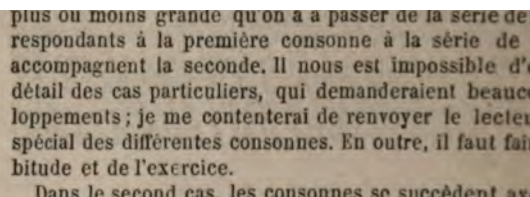
duction des sons articulés chez les animaux. — Beaucoup d'ani- possèdent, comme l'homme, l- ... articulée. Ils ne s'élèvent squ'à la formation des mots, à ... que ce ne soit par imitation, e le perroquet et quelques aut... oiseaux; mais ils produisent llement des sons articulés. Le... nammifères ne dépassent guère duction des voyelles; cependa... ils peuvent aussi émettre des nes ; ainsi le B se distingue n... ement dans le bêlement de l'a- , et ces exemples pourraient ê... multipliés. Mais les consonnes nt surtout dans le chant des ois...aux, et on y reconnaît nettement , T, G, K, R, N, etc.

— UNION DES SONS ARTICULÉS ENTRE EUX. FORMATION PHYSIOLOGIQUE DES MOTS.

nion des sons articulés entre eux pour former les syllabes mots se fait, en général, d'après des lois qui trouvent leur cation dans le mécanisme physiologique de la parole. Aussi seulement au point de vue physiologique que je chercherai ner un court aperçu de cette question.

on des sons articulés. — 1° *Union des voyelles.* — En s'unissant elles, les voyelles constituent les diphthongues, qu'il ne faut pas dre avec les voyelles mixtes. Dans l'émission d'une diphthongue, té buccale prend successivement la forme correspondante à cha- des deux voyelles qui la composent, sans qu'il y ait interruption rant d'air et sans qu'aucun son intermédiaire les sépare.

nion des consonnes. — Dans l'union des consonnes il peut se nter deux cas. Dans le premier cas, les deux consonnes qui se nt sont prononcées à la suite l'une de l'autre sans interruption et u'il y ait de son interposé ou de temps d'arrêt ; il y a presque anéité, et il semble qu'il n'y ait qu'un son produit; cependant, ité, il y a succession, mais succession très-rapide. Cette *agglu- on* de deux sons ne peut se faire qu'entre certaines consonnes, s'explique par le mécanisme physiologique de leur production. ut réunir ensemble deux explosives, deux continues, eux vibrantes ; mais on peut réunir ensemble une ex-



plus ou moins grande qu'on a à passer de la série de
respondants à la première consonne à la série de
accompagnent la seconde. Il nous est impossible d'
détail des cas particuliers, qui demanderaient beauc
loppements ; je me contenterai de renvoyer le lecte
spécial des différentes consonnes. En outre, il faut fai
bitude et de l'exercice.

Dans le second cas, les consonnes se succèdent av
rêt, c'est-à-dire qu'elles appartiennent à des syllabes
succession de consonnes peut se faire de plusie
peut y avoir d'abord répétition de la même consonn
Pour les explosives et pour les nasales, cette répéti
et les deux sons sont très-distincts, comme dans al
qui s'explique facilement, puisque le premier son es
sion rapide et le second à une ouverture brusque de
lation. Dans la répétition des continues et des vibrant
tout à fait de même ; ainsi, dans *aSSez*, *aRRêter*, il n
a pas véritable répétition des consonnes S ou R, ma
centuation (intensité) plus forte du son pendant le
son émission, tandis que la voix tombe pendant le
effet, l'R résulte déjà de vibrations lentes, l'S de vi
pides ; autrement dit, ces consonnes ne sont pas aut
répétitions d'un son, et ajouter un R à un R, un S à
somme, que prolonger la série des vibrations asse
donner à l'oreille, grâce à la durée et à la différen
deux temps, la sensation d'un redoublement de cons

Le mécanisme physiologique n'a pas moins d'influ
tion de deux consonnes différentes. D'une façon g
sonne dure est suivie ordinairement d'une consonn
nonciation sera plus difficile si elle est suivie d'une f

;ique, un fait très-curieux. En effet, les mouvements que l'on prononcer un B et un P sont très-voisins, si voisins même ononce souvent l'un pour l'autre, B pour P et P pour B ; et it, quand une de ces consonnes vient d'être prononcée, on une insurmontable difficulté pour prononcer immédiatement indis qu'on passe très-facilement d'une labiale à une linguale gutturale, quoique ces consonnes exigent des mouvements très- du premier. Ce phénomène, qui paraît anormal au premier e rattache, en réalité, à une loi de l'action musculaire qui très-grand rôle dans la parole ... l'importance a jusqu'ici onnue par les physiologistes ... nguistes : c'est qu'*il est cile de faire passer immédiat... muscle d'un degré de on à un degré de contractio... nt que de passer de la on d'un muscle à celle d'un a... cle.*

érations phonétiques se prod... vent dans ces associa- consonnes, altérations phonét... dont les causes sont sou- ciles à retrouver et qui souve... mblent se contredire. C'est *MaRSeille* vient de *MaSSilia*, ... *FFero* de *suBFero*.

n des consonnes et des voyel... – L'union des consonnes et lles constitue les *syllabes*, ou autrement les mots, puisqu'il est ès démontré aujourd'hui que toutes les racines étaient à l'ori- nosyllabiques. Si l'on se reporte à la définition des voyelles et onnes, on voit que dans la syllabe il y a deux actes muscu- ccessifs, dont l'ordre de succession peut, du reste, varier : une éciale de la cavité buccale (voyelle), un rétrécissement ou une dans une région d'articulation (consonne). La syllabe pré- caractère que le passage d'un mouvement à l'autre se fait nps d'arrêt, de sorte que l'oreille a la sensation d'un son

ots sont constitués par une seule ou par plusieurs syllabes ées, et l'association des syllabes entre elles pour constituer composés dépend en partie de causes physiologiques (action ire, sensation auditive euphonique, climat, etc.), telles que ui ont déjà été mentionnées. Les procédés d'altération phoné- plus importants sont : la transposition, comme dans *forma*, ; l'addition, soit au commencement d'un mot (*scribere, écrire*, *lette, esquelette, — rana, grenouille*), soit au milieu d'un mot *fronde, — numerus, nombre, — couleuvre, coulieuvre*), soit à la *y ; va-t-il*) ; la suppression au commencement d'un mot (*esumus*, *— ptisana, tisane*), dans le courant du mot (*fabula, fable*), ou à *ptem, sept*). Ces altérations phonétiques sont surtout marquées syllabes finales des mots et tiennent en grande partie à la pa- ...e et probablement aussi à cette tendance des actions ivre un certain rhythme (répétition des mêmes mouve- penchant instinctif que nous éprouvons pour le retour

d'autre finale que l'*ng*.

Caractères physiques de la parole. — La parole, voix, présente certains caractères acoustiques d'inten et de durée. Ces caractères correspondent à ce que l appellent l'accent, la quantité et l'intonation. L'*accent* dépend de l'intensité du son ; il indique la syllabe sur appuie de préférence, et c'est en général celle qui fo mot, à moins que, comme dans beaucoup de langues, détermine la place. La *quantité* correspond à la durée quantité varie, pour chaque syllabe, d'abord suivant siologique de l'émission des sons (certaines voyelles sonnes peuvent être soutenues plus longtemps que d'a suivant des règles prosodiques qu'il n'y a pas lieu de L'*intonation* ou la *hauteur* du son joue un très-gran taines langues ; en général, dans la parole ordinaire l voix reste dans les limites d'une demi-octave ; et encor de hauteur qui existent entre les syllabes et les mots donner de la variété à la phrase et à en accentuer ce mais dans d'autres langues, l'intonation a une importan elle modifie le sens même des mots suivant la hauteur c'est ainsi que le chinois compte 4 tons différents, siamois 5, l'annamite 6. Ces intonations de la parole très-bien chez certains individus qui *chantent en parl*

Origine du langage. — Le langage, au point de vue pas autre chose qu'un mode particulier de mouveme Comment, en restant dans le domaine purement maté a-t-il pu se développer ? La voix (cri, interjections, etc relle à l'homme que les mouvements musculaires des entre la voix simple et la voix articulée il y a la qu'entre les mouvements musculaires irréguliers des m

ment, chez eux, les mouvements expressifs et le langage sont réduits au minimum ; en effet, le cercle de leurs estreint ; les modes les plus simples d'expression suffi- rendre et pour traduire tous les genres d'émotions. A 'instrumentation compliquée du langage chez des êtres llectuelle et émotionnelle est si simple ? Lorsqu'un chien rte ou aboie d'une certaine façon pour qu'on lui ouvre, i suffit, puisqu'il est compris par son maître. Pourquoi à ? Nous lui apprendrions à articuler des mots, s'il le ne serait pas plus avancé ; erait dans le cas d'un répète une phrase, ou d'un t de cinq ans auquel on ine formule de mathématiq . Le langage est un des iction de la pensée, le plus e et le plus merveilleux is il ne vaut que par l'intelli nce, qui s'en sert comme it, et son développement a d uivre pas à pas le déve- l'intelligence et son évolut progressive. On conçoit et nous en avons des exemples dans certains sourds- ssance qui n'ont pas reçu d'éducation spéciale, des absolument de langage et ui, n'ayant comme moyens ir pensée que la mimique et la gesticulation, arriveraient in degré d'intelligence au niveau de la moyenne. Il a e pour faire du feu, pour se fabriquer des armes et des ar travailler la terre, etc., autant d'efforts et de tâtonne- ir arriver à donner des noms aux objets qui l'entouraient, es sensations et ses émotions par des combinaisons de

ce point de vue, le problème de l'origine du langage se it qu'on ne le conçoit habituellement ; il se dédouble : il ie part le développement même de l'intelligence et nous nous en occuper ici ; mais, d'autre part, il comprend le t graduel de ce mode d'expression, de cette forme de musculaires qui constituent la mécanique de la parole. de ce problème doit être cherchée surtout dans l'étude nes qui se passent chez l'enfant depuis sa naissance ent où il commence à parler d'une façon distincte, dans ngues chez les peuplades sauvages et enfin dans celle rimitives.

langues primitives nous révèle deux faits essentiels, le ie et la richesse en voyelles. D'un autre côté, chez l'en- ervons la série suivante de phénomènes. Au début, c'est imple expiration vocale, sans articulation ; plus tard la pparaît ; jusqu'ici il n'y avait guère eu dans la vie de es sensations de faim et de douleur traduites par un seul f, le cri ; maintenant les émotions de plaisir, la curiosité, la colère, etc., commencent à se faire jour et se révèlent

Le cri s'accompagne de contractions réflexes des m
qui se rapprochent du ventre et se fléchissent ; les m
se retrouvent dans les membres supérieurs. Avec
montrent des mouvements expressifs plus complexe
des mains, il avance le bras pour saisir, il fait des ges
enfin avec l'articulation des consonnes paraissent le
intelligents de la palpation, les tâtonnements de la m
toute la série des mouvements de relation destin
rapport avec le monde extérieur.

On a admis deux théories différentes sur l'origine
de l'*onomatopée* et celle de l'*interjection*; dans la pr
primitif ne serait que l'imitation par l'homme des
dans la seconde il ne serait que le développement
nels; mais si les deux théories peuvênt s'appuyer
aucune des deux ne peut être admise à l'exclusion
elles ne suffisent pas, même à elles deux, comme le
Müller, pour expliquer la formation du langage. D'un
buer, comme le fait Max Müller, à une force inhé
humaine, ne me paraît pas plus heureux. Le langa
modes d'expression et, d'une façon générale, les
aussi ces mouvements d'expression, quoique les manif
beaucoup plus restreintes que chez l'homme. Le l
pas essentiel à la nature humaine, il n'est que l
d'une évolution commune à tous les êtres animés, e
la plus élevée et la plus remarquable; il est uniquen
l'intelligence humaine et cette intelligence a perfe
l'instrument brut et grossier des premiers temps pou
rable instrument dont nous nous servons aujourd
séparer le langage de l'accentuation, de l'intonatio
faciale, de la gesticulation qui l'accompagne, et v

ème période. — Vocalisation (voyelles). Intonation. Gesticula-
onnée ; mimique ; danse.

ème période. — Articulation (consonnes). Monosyllabisme.
figurative.

ième période. — Apparition des langues proprement dites.
monosyllabiques ou isolantes (ex. : chinois).

ième période. — Langues agglutinantes (ex. : turc).

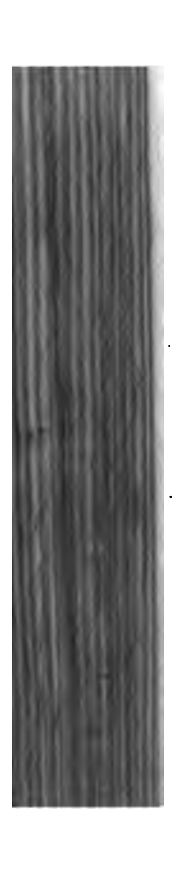
ne période. — Langues amalgamantes ou à flexion (ex. : langues
s et sémitiques).

raphie. — RENAN : *Histoire des* *émitiques*, 1838. — GRIMM : *e Grammatik*, 1840. — BRUCKE : *Gr* *er Physiologie und Systematik* *schlaute*, 1856. — MERKEL : *Anat.* *des menschlichen Stimm und* *rgans*, 1857. — L. VAISSE : *De la P* *ée au double point de vue* *ysiologie et de la grammaire*, 1858. — BOLDT : *De l'Origine des* *grammaticales*; trad. par TONNELÉ, HAUSING : *Das natürliche* *tem*, 1863. — MAX MULLER : *la Sc* *gage*; trad. par HARRIS et , 1864. — D'ESCAYRAC DE LAUTUR *gage*, 1865. — C. L. MERKEL : *gie der menschlichen Sprache*, 1866. *Grammaire comparée*; trad. AL. — TERRIEN PONCEL : *Du Lang*

5° MÉCANIQUE DE STION.

phénomènes mécaniques qui se passent dans le tube di-
ont de deux ordres : les uns ont pour but de faire pro-
les aliments depuis la bouche jusqu'à l'anus et de les
ainsi successivement en contact avec les différentes sécré-
igestives et d'expulser ensuite leur résidu ; les autres ont
ut de diviser ces aliments et de les mélanger aux sucs
s, en un mot de leur faire subir des modifications de
ance et de cohésion.

deux effets se produisent sous l'influence des contractions
laires des parois du tube digestif ; ces contractions, sauf
ux extrémités, sont dues à des fibres musculaires lisses,
que du côté de la bouche, comme du côté de l'anus, des
ils musculaires striés viennent remplacer les fibres lisses
e alimentaire ou s'y surajouter. Aussi tandis que, d'une
générale, les mouvements qui succèdent immédiatement
estion des aliments ou qui précèdent leur expulsion sont
s et volontaires, les mouvements de toute la partie inter-
re se distinguent par leur lenteur et leur soustraction à
nce de la volonté. Nous étudierons successivement la
sion des aliments, la mastication, la déglutition, les mouve-
de l'estomac, ceux de l'intestin grêle, du gros intestin et



humer un liquide, c'est le courant d'air inspiré q
la cavité buccale le liquide dans lequel baignent l
les lèvres ne sont pas complétement immergées
une petite quantité d'air est entraînée en même
lieu à un bruit de gargouillement.

Chez l'enfant à la mamelle, dans la *succion*
fait par un tout autre mécanisme. La cavité
rôle d'un corps de pompe dont la langue constit
lèvres s'appliquent hermétiquement au pourtou
l'isthme du gosier est fermé par le contact d
langue et du voile du palais; la partie antérieure
porte en arrière en faisant le vide autour du
pression atmosphérique, qui presse sur la surface
chasse le lait dans la cavité buccale. La respiratio
pendant la succion.

2° *Mastication.*

La mastication a pour but de triturer les al
imprégner de salive, de façon à faciliter leu
l'action ultérieure des sucs digestifs (page 399).

Les aliments sont divisés par les incisives e
broyés entre les molaires supérieures et inféri
tance de l'émail est assez considérable pour per
de briser et de broyer des corps très-durs, acti
les pointes saillantes des canines et des molai

'endant que les mouvements de la mâchoire inférieure met- ainsi en jeu l'appareil dentaire pour diviser et triturer les ents, les parties molles de la cavité buccale ne restent pas tives : les lèvres et les joues ramènent contre les dents les celles alimentaires qui tombent en dehors des arcades den- es ; la langue joue le même rôle pour celles qui s'échappent côté interne, et quand la trituration mécanique est accomplie, angue presse les aliments contre la voûte palatine et en e une sorte de masse molle gnée de salive, qui a reçu om de *bol alimentaire* [1].

nervation. — Les nerfs des m nts de mastication sont : la che motrice du trijumeau (mu la mâchoire inférieure et re antérieur du digastrique), glosse (langue) et le facial cinateur et ventre postérieur du rique). Le centre des mouve- ts coordonnés de la masticatio it se trouver dans la moelle gée.

3° *Déglutition.*

a déglutition comprend les actes par lesquels l'aliment passe a cavité buccale dans l'estomac. On peut la diviser en trois ps : dans le premier temps, le bol alimentaire franchit l'isthme osier ; dans le second, il franchit le pharynx ; dans le troisième averse l'œsophage.

PREMIER TEMPS. — *Le bol alimentaire franchit l'isthme du er.* — Tant que le bol alimentaire se trouve dans la cavité cale, nous pouvons retarder la déglutition ; mais dès que le alimentaire arrive à l'isthme du gosier, le mouvement de utition commence, mouvement réflexe et involontaire qu'il s est impossible d'arrêter. Quand les aliments ont été suffi- ment triturés et insalivés, la langue se soulève par la con- tion des styloglosses et surtout du mylo-hyoïdien qui agit manière d'une sangle (Bérard) et dont on sent parfaitement ontraction sur soi-même ; en même temps les fibres linguales

---

Les mouvements de la mâchoire inférieure dans l'articulation temporo- illaire, ainsi que l'action des muscles masticateurs, sont étudiés dans omie. (Voir Beaunis et Bouchard, 2e édit., page 151, Articul. ire ; 259, Digastrique ; 275, Buccinateur ; et 278, Muscles de rieure.)

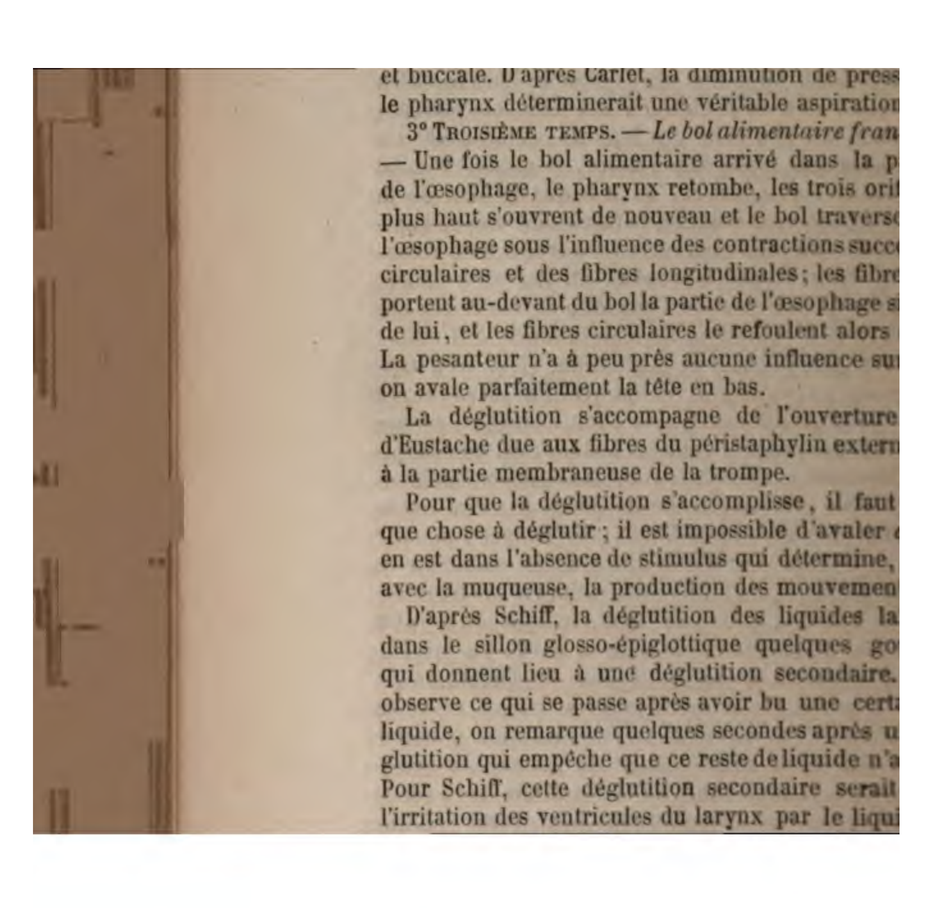
des fosses nasales, l'occlusion des voies respiratoi
de l'isthme du gosier.

A. Mouvements du pharynx. — Ces mouvement
ordres, le pharynx s'élève et en même temps
L'*ascension du pharynx* ne porte que sur ses p
et inférieure, et s'accompagne d'un mouveme
simultané du larynx, bien sensible quand on plac
pomme d'Adam pendant la déglutition; cette élé
duite par les muscles des piliers postérieurs, les styl
les constricteurs et les muscles sus-hyoïdiens; auss
pharynx exige-t-elle la fixation préalable de la
rieure par les muscles masticateurs; on ne peut a
ouverte à moins de fixer entre les arcades den
dur qui donne un point d'appui fixe aux dents
inférieure. Ce mouvement a pour but de porter
devant du bol alimentaire. La *contraction du p*
par l'action des constricteurs, qui se contractent
de haut en bas et refoulent le bol du côté de l'œs
Passavant, la contraction du constricteur supérieu
la formation d'une crête verticale sur la paroi
pharynx.

B. Occlusion des fosses nasales. — L'occlusi
pharyngo-nasal se fait par le concours de deux act
1° par la contraction des muscles pharyngo-
rapprochent l'un de l'autre les piliers postérieurs,
constaté par l'observation directe et cependant nié

dans l'air des fosses nasales (Carlet), tandis qu'il y a en même s diminution de pression dans l'air de la cavité pharyn-ne. (Carlet, Arloing.)

Occlusion des voies respiratoires. — Cette occlusion porte fois sur l'orifice supérieur du larynx et sur la glotte. *occlusion de l'orifice supérieur du larynx* est due à l'abais-nt de l'épiglotte; l'épiglotte est refoulée par la base de la ne qui se porte en arrière, et ce refoulement est favorisé par nsion du larynx; en outre, p [illegible] re y a-t-il aussi abaisse- de l'épiglotte par ses muscl [illegible] res (fibres thyro- et ary-ottiques). Cependant l'incisio [illegible] l'épiglotte chez le chien get) ne gêne en rien la dég [illegible] tition des aliments solides; gêne seulement un peu cell [illegible] liquides. Si on avale un limentaire imprégné d'une [illegible] noire, et qu'on examine te les parties au laryngosco [illegible] on voit que la base de la e, les replis glosso-épiglottic [illegible] s, la face antérieure de l'épi-, les gouttières laryngo-ph [illegible] gées, l'ouverture de l'œso-, sont seuls noircis par le contact du bol alimentaire, s que la face postérieure de l'épiglotte et l'intérieur du x ont conservé leur coloration normale (Guinier). 2° *L'occlu- de la glotte* a lieu pendant la déglutition, si on s'en rap- à l'examen laryngoscopique; il est vrai que dans ce cas nditions de la déglutition sont tout à fait changées; cepen-un fait qui semble prouver cette occlusion, c'est que l'expi-n est complètement arrêtée et la voix impossible au moment déglutition. Mais cette occlusion ne paraît pas être indis-able, au moins chez certains animaux; car Longet a pu, par uverture à la trachée, introduire une pince et maintenir la dilatée sans gêner la déglutition des solides et des liquides, xpérience de Guinier, citée plus haut, indique qu'à l'état al, les aliments ne pénètrent pas dans la cavité du larynx. rès Longet, l'occlusion de la glotte dans la déglutition ne pas due à l'action des muscles propres, mais à celle du ricteur inférieur. Il a vu en effet cette occlusion persister la section des nerfs récurrents et du rameau du crico-idien. Par contre, la persistance de la sensibilité de la partie lottique du larynx est indispensable pour éviter l'intro-on dans la trachée de parcelles alimentaires et surtout de [illegible] qui auraient pu franchir l'orifice supérieur du larynx; e les nerfs laryngés supérieurs, cette sensibilité



et buccale. D'après Cariet, la diminution de press
le pharynx déterminerait une véritable aspiration

3° Troisième temps. — *Le bol alimentaire fran*
— Une fois le bol alimentaire arrivé dans la p
de l'œsophage, le pharynx retombe, les trois orif
plus haut s'ouvrent de nouveau et le bol traverse
l'œsophage sous l'influence des contractions succ
circulaires et des fibres longitudinales; les fibre
portent au-devant du bol la partie de l'œsophage s
de lui, et les fibres circulaires le refoulent alors
La pesanteur n'a à peu près aucune influence su
on avale parfaitement la tête en bas.

La déglutition s'accompagne de l'ouverture
d'Eustache due aux fibres du péristaphylin extern
à la partie membraneuse de la trompe.

Pour que la déglutition s'accomplisse, il faut
que chose à déglutir; il est impossible d'avaler
en est dans l'absence de stimulus qui détermine,
avec la muqueuse, la production des mouvemen

D'après Schiff, la déglutition des liquides la
dans le sillon glosso-épiglottique quelques go
qui donnent lieu à une déglutition secondaire.
observe ce qui se passe après avoir bu une cert
liquide, on remarque quelques secondes après u
glutition qui empêche que ce reste de liquide n'a
Pour Schiff, cette déglutition secondaire serait
l'irritation des ventricules du larynx par le liqui

liquée à cause du grand nombre de muscles qui entrent en jeu cet acte. On trouve en effet parmi les nerfs moteurs, le glosso-ngien (muscles du pharynx), le facial (péristaphylin interne), glosse (langue), le trijumeau (péristaphylin externe, muscles sus-iens, muscles masticateurs), le pneumogastrique (muscles du x, œsophage). Les nerfs *sensitifs* proviennent du trijumeau (voile lais), du glosso-pharyngien (langue et pharynx), du laryngé supé-(orifice supérieur du larynx). L'excitation de ces différents nerfs it des mouvements de déglutition (Waller et Prévost). La sensi-œsophagienne vient du pneumo e.

4° *Mouvements l'estomac.*

ervation des mouvements l'estomac. — ***Mise à nu de ac par l'ouverture du ventre.*** En général, les mouvements stomac, surtout les mouvements spontanés, sont peu marqués; dant on observe, même sur l'estomac extirpé, des contractions miques, spécialement dans la partie cardiaque, et qui gagnent peu le pylore. Les mouvements deviennent plus prononcés par une tion galvanique ou mécanique et se traduisent par une contraction aire de l'estomac au point irrité. La dilatation de l'estomac par essie de caoutchouc qu'on introduit dans l'estomac et qu'on dilate te par l'insufflation, amène aussi des contractions de cet organe. *istules gastriques*, soit sur l'homme, soit sur les animaux, ont s d'observer les mouvements communiqués par les contractions cales aux substances contenues dans son intérieur. D'après de ont, les matières suivraient la grande courbure en allant du au pylore et reviendraient le long de la petite courbure en allant lore au cardia, et ce mouvement de rotation durerait de une à trois es. D'après d'autres auteurs, ce mouvement se ferait au contraire e le représente la figure 130. Réclam a imaginé un procédé pour r les mouvements de l'estomac; il donne à des chiens du lait en caséine; puis il sacrifie l'animal; la direction des sillons à la e de la masse coagulée indique le sens de la rotation de cette .

stomac se dilate au fur et à mesure que les aliments arri-par le cardia; en même temps que se fait cette dilatation, nde courbure ainsi que le grand cul-de-sac, qui sont les s les plus expansibles de l'estomac, se portent en avant et ... à la paroi abdominale antérieure.

ctions de l'estomac à l'état normal sont très-lentes



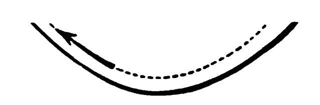


Fig. 130. — Mouvements de l'estomac. (Voir page 6

le suc gastrique. On a admis, sans qu'on en a directe, que pendant la digestion stomacale l'esto en deux portions par la contraction des fibres partie inférieure gauche, correspondant au gr réservoir où s'accumuleraient les aliments pour du suc gastrique; une partie supérieure, constitua longerait la petite courbure et permettrait aux certains aliments ?) de passer directement de l'œs duodénum.

Pendant la durée de la digestion stomacale, le par la contraction de son sphincter, et ce sphin que par moments pour laisser passer successiv dans le duodénum. Cette ouverture du sphincter s réflexe sous l'influence d'une excitation de la m recouvre, mais dont la nature est tout à fait incor

Vomissement. — Quoique le vomissement apparti physiologie pathologique qu'à la physiologie normale, de le passer sous silence. Le vomissement est précédé interne particulière, la *nausée*. L'acte mécanique du v prend, d'après les expériences de Schiff, deux stades ratoire et un stade d'expulsion. Le *stade préparatoire* et consiste essentiellement en une dilatation du cardia

ibres longitudinales de l'œsophage; si ces fibres sont désorganisées, missement est impossible ; il en est de même si l'estomac est paé. Le *deuxième stade* consiste dans l'expulsion violente des mas et exige l'intervention de tous les muscles de l'ovoïde abdomidiaphragme et muscles abdominaux, comme dans l'effort. En effet, ouvre le ventre pour mettre l'estomac à découvert, le vomissement eut plus se faire ou se faire que très-incomplétement; et d'autre comme le prouve une expérie[...]e célèbre de Magendie, on peut lacer l'estomac par une vessie [...] porc et voir le vomissement se uire, après injection d'émétique dans les veines, par la seule ince des muscles abdominaux; mais il faut que l'orifice cardiaque estomac soit enlevé avec l'est[...]ıc, comme l'a montré Tantini; cela la dilatation du cardia ne [...]produisant pas, le vomissement as lieu. Pendant le vomissemen[...] lore reste fermé par la conion énergique de son sphincte[...] matières se trouvent ainsi ées violemment dans l'œsoph[a]ge et de là dans le pharynx et la é buccale. L'orifice supérieur du larynx et l'isthme pharyngo-nasal obturés par le mécanisme déjà décrit à propos de la déglutition ; ment, il arrive souvent que la pression est si forte qu'elle surle la résistance du voile du palais et que les matières sont rejetées e nez. L'occlusion de la glotte précède le vomissement, mais ne pas être indispensable.

s différentes espèces animales présentent de très-grandes diffées au point de vue du vomissement. Très-facile chez les carnivores particulier chez le chien et le chat, il est à peu près impossible le cheval et chez les ruminants.

régurgitation est le retour dans la bouche d'une partie du conde l'estomac ; ce retour a lieu sans efforts, et chez certaines peres il est volontaire et peut devenir habituel (rumination ou méry-). Certains physiologistes, Brown-Séquard, Gosse, ont utilisé cette é pour étudier les modifications des aliments dans l'estomac.

ructation est l'expulsion violente de gaz stomacaux avec producun son à la partie supérieure de l'œsophage.

ervation. — On sait peu de chose de l'innervation motrice de mac. Cependant l'excitation du pneumogastrique et quelquefois du plexus cœliaque déterminent des contractions, surtout chez minants, et ces contractions sont arrêtées par la section ou la ction de ces nerfs.

5° *Mouvements de l'intestin grêle.*

des mouvements de l'intestin grêle. — *Observation* on ouvre le ventre et qu'on mette à nu les intestins sur



être la cause exclusive, car elles se produisent enco
pecte le péritoine ou quand la température de la ch
celle de l'animal. La circulation paraît avoir plus d'
contractions sont déterminées aussi bien par l'anémie
hémie de l'intestin ; ainsi, elles augmentent par la
l'aorte, l'occlusion de la veine porte, l'injection de sa
vaisseaux ; cependant, une hyperhémie veineuse trop
ser. Elles sont arrêtées par le froid, jusqu'à + 19°, et a
chaleur. L'*excitation directe de l'intestin*, soit galva
nique, agit beaucoup plus vivement sur lui que sur l'e
une contraction énergique au point touché.

On peut enregistrer les contractions de l'intesti
dans une anse intestinale des ampoules en caoutcho
quent par un tube avec le tambour du polygraphe.
l'intestin comprime l'ampoule, et la pression de l'air s
levier enregistreur qui s'élève. Ces instruments, dont l
varier, ont reçu le nom d'*entérographes* (entérograp
Onimus, d'Engelmann, etc.).

Les mouvements de l'intestin grêle ont pour
sion des matières alimentaires depuis le py
valvule iléocæcale. On les a divisés en *pé*
favorisent ce mouvement de progression, et *an*
qui se produiraient en sens contraire. Ce qu'il
c'est que ces contractions ne sont pas conti
rhythmiques et séparées par des intervalles d
outre, qu'elles sont loin de se faire dans les ci
males avec la violence qu'on observe chez les

vements de va-et-vient; la durée du séjour des aliments testin grêle est d'environ deux à trois heures.

ation. — L'excitation des plexus cœliaque et mésaraïque, du astrique (?), augmente les mouvements intestinaux ; les nerfs ques agissent, au contraire, sur ces mouvements comme nerfs

6° *Mouvements du gros intestin.*

is arrivés à la partie infér l'intestin grêle, les passent facilement à traver de la valvule iléo-our se jeter dans le cœcum que la constitution jue de cette valvule s'oppos u reflux des matières du stin dans l'intestin grêle.

ouvements du gros intestin ressemblent à ceux de l'in-êle et se produisent dans les mêmes conditions. Mais, la disposition des parois du gros intestin, le séjour du entaire, devenu le bol fécal, y est bien plus considé-e dans l'intestin grêle, quoique la longueur de ce der-beaucoup plus grande. En effet, les matières, arrêtées eplis falciformes transversaux de la muqueuse, séjour-s ou moins longtemps dans les *cellules* du gros intestin, t une partie de leur eau et y acquièrent peu à peu les s excrémentitiels. Les matières fécales, ainsi poussées e en proche par les contractions des fibres circulaires, ilent graduellement dans l'S iliaque, refoulant devant les qui s'y trouvaient déjà et qu'elles font descendre dans n jusqu'au-dessus des sphincters.

7° *Défécation.*

ession abdominale s'exerce sur les matières contenues iliaque et se transmet par elles jusqu'aux matières con-lans la partie inférieure du rectum. Tant que cette pres-dépasse pas une certaine limite, la ténacité du sphincter ır les retenir sans que nous en ayons conscience; on augmente, il survient une sensation particu-*ue défécation*; sous l'influence de ce besoin, il se

peu résistantes ; ainsi, chez le chien, le cabiai, ce
tion du rectum amène des contractions énergiqu
des matières fécales, le ventre étant ouvert, par
que les muscles abdominaux puissent intervenir.
lement, dans les conditions normales, ces muscl
et d'autant plus énergiquement que les matières
et plus volumineuses. Les fibres longitudinales du
tractent et dilatent l'orifice anal, en même temps
de l'anus, tout en contribuant au mécanisme de l'
la face postérieure du rectum d'arrière en ava
partie inférieure au-devant de la masse fécale ; c
fluence de la pression considérable produite par
dominaux, surmonte facilement la résistance to
ters et franchit l'ouverture anale.

Innervation. — Les mouvements de défécation so
d'un centre nerveux qui se trouve à la partie inféri
lombaire, centre *ano-spinal* de Masius.

Rôle mécanique des gaz intestinaux. — Les gaz
tiennent la béance du tube alimentaire. En outre, et
le plus important, ils transforment la cavité abdom
vue mécanique, en une sorte de bulle gazeuse élasti
pression dans l'effort et qui, dans l'expiration, tend
le diaphragme par son élasticité.

Bibliographie. — Schiff : *Leçons sur la physiologie de*

6° EXCRÉTION URINAIRE.

ur mettre à nu les orifices des uretères, si on les examine chez omme dans les cas d'exstrophie vésicale, où cette paroi de la ssie est à nu, on voit que l'urine s'écoule goutte par goutte à ervalles réguliers (trois quarts de minute environ). La contrac- té de l'uretère aide cette progression de l'urine, surtout quand vessie déjà distendue tend à accoler les parois de l'uretère au ment de son passage oblique à travers les parois vésicales. contractions de l'uretère se ›agent, de haut en bas, avec e vitesse de 20 à 30 millimèt ır seconde et, d'après Engel- nn, seraient tout à fait indéр ıtes du système nerveux.

La vessie se dilate peu à peu sure que l'urine arrive par uretères, tout en conservant me globuleuse. Cette dila- ion a pour conditions l'occlu les orifices des uretères et clusion de l'orifice uréthral. usion des orifices des ure- es est due à l'accolement pu imple de leurs parois au ment où ces conduits travers liquement la paroi vésicale. mode d'occlusion du côté d ıthre a été très-controversé. nt que la pression de l'urine dans la vessie ne dépasse pas une taine limite, cette occlusion est involontaire et inconsciente. n siége est dans la région prostatique; c'est là que se trouve stacle à la sortie de l'urine et non, comme on l'a cru, dans la gion membraneuse. En effet, si, sur le cadavre, on introduit e sonde dans l'uréthre, tant que la sonde est dans la partie mbraneuse il n'y a pas d'écoulement d'urine; elle s'écoule dès e la sonde arrive dans la partie prostatique; et, du reste, l'ex- rience chirurgicale montre que l'urine est conservée dans la ssie après l'incision de la partie membraneuse dans l'uréthroto- e externe. L'incision de la prostate, au contraire, est suivie une incontinence d'urine. Cette occlusion ne peut, par consé- ent, être due aux fibres circulaires de l'orifice uréthral de la ssie, au prétendu sphincter vésical.

Quel est maintenant l'agent de cette occlusion prostatique? ux conditions entrent en jeu : l'élasticité de la prostate, d'a- rd, et c'est elle qui maintient l'urine dans la vessie après la ort et qui s'oppose même à sa sortie quand on presse sur cet gane; puis, en seconde ligne, les fibres musculaires de cette gion qui constituent un véritable sphincter. Chez la femme, où n'existe pas, c'est ce sphincter qui, seul avec le tissu uréthral, s'oppose à la sortie de l'urine; aussi faut- bien moindre pour en amener l'expulsion.

Pendant son séjour dans la vessie, l'urine subirait c modifications sur lesquelles les auteurs sont loin de s'ac suivant les uns, elle deviendrait plus concentrée (Kaup vant d'autres, au contraire, elle absorberait de l'eau et un peu d'urée qui serait reprise par le sang (Treskin). Edlefsen, l'urine, à mesure de son arrivée dans la vessi partirait par couches de densité croissante en allant de bas et, par conséquent, les parties émises les premières miction seraient les plus denses.

Quand la vessie a acquis un certain degré de disten nerfs sensitifs sont excités, et il se produit par action réfl contractions des fibres musculaires vésicales (*detrusor* qui chassent quelques gouttes d'urine dans la partie pro de l'urèthre ; nous éprouvons alors une sensation parti le besoin d'uriner, auquel nous pouvons céder ou contr nous pouvons lutter. Dans ce dernier cas, les fibres l'urèthre (sphincter volontaire des parties prostatique braneuse) se contractent et refoulent l'urine dans la vess au bout de quelque temps, les mêmes phénomènes se r sent et le besoin d'uriner reparaît avec plus de violenc qu'enfin nous cédons à ce besoin, la miction se prod mécanisme suivant : Les fibres musculaires de la vessie tractent, en même temps que le sphincter volontaire se et chassent peu à peu l'urine dans l'urèthre. Küss admet de la miction un léger effort, avec occlusion de la glotte ; contraction seule de la vessie suffit pour expulser l'urine ; puis, à la fin de la miction, un nouvel effort est nécessaire pour chasser les dernières gouttes qui se trouvent dans la partie uréthrale de la vessie. Celle-ci prendrait alors sous la pression des viscères abdominaux la forme d'une cupule à concavité supérieure, comme on le voit dans la figure 131. Cependant, chez les animaux, la vessie peut se vider complétement sous l'influence de la galvanisation, sans l'intervention des muscles abdominaux. La contraction



Fig. 131. — S miction. (

Fig. 131. — 1, contour de la vessie distendue par l'urine ; par leur propre parois prennent successivement les positions 2, 3, 4, 5 ; puis la poussée des minaux les refoule dans la position 6.

s circulaires de l'urèthre et du bulbo-caverneux achève
on de la colonne d'urine qui se trouve dans l'urèthre
vacuité de la vessie.

ation — Le centre nerveux de la miction se trouve dans la
mbaire. (Goltz.)

7° MÉCANIQUE DE LA CIRCULATION.

a. — Circulation sanguine.



Le sang est contenu dans
ın système de canaux élasti-
ques dont l'ensemble forme
ın tout continu et constitue
'appareil vasculaire. Cet
ppareil, dont il a déjà été
lonné une idée générale
voir page 81), est disposé
le la façon suivante chez
'homme et les animaux
upérieurs (*fig.* 132) :

L'aorte (*a*), partie du ven-
ricule gauche, va se rami-
ier (artères) et fournir les
capillaires de tous les or-
ganes (*c*), à l'exception de
eux des vésicules pulmo-
naires; ces capillaires, ap-
pelés aussi capillaires gé-
néraux, donnent naissance
à des veines (*vc*) qui finis-
sent par se réunir en deux
gros troncs (veines caves
supérieure et inférieure)
qui s'ouvrent dans l'oreil-
lette droite; de l'oreillette
droite le sang passe dans
e ventricule droit et de là
lans l'artère pulmonaire

monaire ; les cavités gauches du cœur, les veine
et l'aorte et ses branches (artères) contiennent du
les veines, les cavités droites du cœur et l'artè
contiennent du sang veineux.

Le sang remplit l'appareil vasculaire de manièr
les parois des vaisseaux, autrement dit les vaisseau
plus de sang qu'il n'en faut pour leur calibre nor
forme naturelle ; le sang se trouve donc, grâce à
tique de la paroi vasculaire, sous un état de tensio
tension sujette à varier, du reste, avec les variatio
total du système vasculaire.

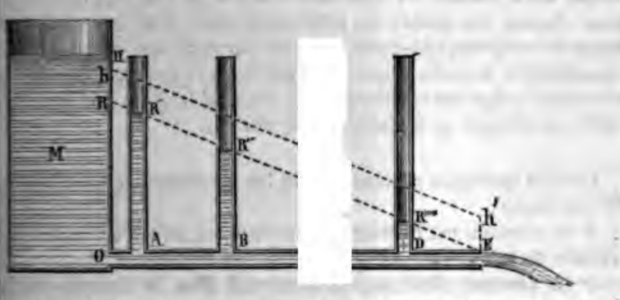
Le sang n'est pas immobile dans les vaisseaux
c'est-à-dire qu'il s'y meut et toujours dans le m
façon qu'une molécule sanguine prise en un poi
de l'appareil vasculaire revient, au bout d'un ce
son point de départ. La découverte de la circulati
en 1628, par Harvey.

La circulation du sang se fait d'après les mêm
mouvement de tous les liquides ; la cause de c
n'est autre que la différence de pression du san
vers segments du circuit vasculaire, et si le c
considéré comme l'organe principal de la circula
son rôle essentiel est précisément de maintenir ce
pression.

1. — PRINCIPES GÉNÉRAUX D'HYDRODYNAM

1° *Mouvements des liquides dans des tubes rigides.*

nous supposons le cas le plus simple, celui d'un réservoir d'eau à
n constant (M, *fig.* 133), terminé par un tube horizontal, nous ver-



ig. 133. — Écoulement dans un tuyau rectiligne et de section uniforme. (Wundt.)

que le mouvement du liquide dans ce tube est soumis aux condi-
suivantes. Les obstacles au mouvement sont les frottements des
ules liquides les unes contre les autres et, de plus, contre les pa-
u tube horizontal quand le liquide ne mouille pas les parois de ce
dans le cas contraire, et c'est ce qui arrive pour le sang, le
e qui mouille les parois du tube y adhère et forme une couche
bile à la périphérie de la colonne liquide en mouvement; les mo-
s des couches concentriques de liquide ont d'autant plus de vi-
qu'elles se rapprochent plus de l'axe même du tube où se trouve
ximum de vitesse, et les frottements (résistances) d'une couche
autre sont proportionnels aux différences de vitesse des deux
es.

cause qui fait mouvoir le liquide est la pression de l'eau dans le
oir M, pression qui se mesure par la hauteur même de la masse
contenue dans le réservoir. Mais cette hauteur ou cette pression
e décomposer à son tour en trois fractions distinctes : une pre-
partie de cette hauteur, H*h*, sert à vaincre les résistances qui se
sent par la collision des molécules liquides à leur entrée dans le
horizontal; une deuxième partie, *h*R, détermine la progression ou
sse du liquide; enfin, la dernière partie, RO, sert à surmonter les
nces dans le trajet à travers le tube horizontal (frottements des
ules liquides pendant leur écoulement). De ces trois hauteurs, la
st constante; la deuxième, *h*R, est constante aussi; en



en même temps du calorique, et la tension latérale qu
raître ne fait que se transformer en chaleur.

Les lois suivantes régissent alors les mouvements d
le cas donné :

1° La pression est constante dans tous les points d'u
versale du tube (¹) ;

2° La pression diminue régulièrement dans la dire
et l'inclinaison de la ligne de pression est constante
donné ;

3° La pression est accrue par tout ce qui augment
allongement du tube d'écoulement, diminution de so
elle augmente comme le carré de la vitesse ; si la vite
la pression est 1, 4, 9... ;

4° La vitesse moyenne d'écoulement est égale dan
du tube ;

5° La vitesse moyenne varie :

Avec le calibre du tube ; elle augmente quand le cal
fort ;

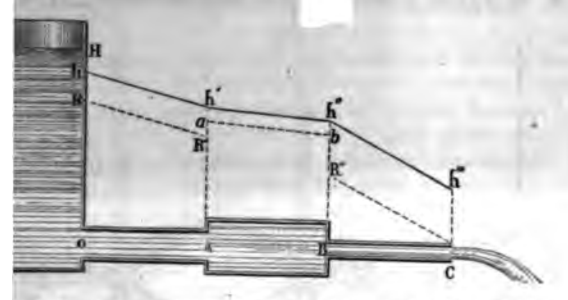
Avec la longueur du tube ; plus le tube se raccourc
est grande ;

Avec la pression ; les vitesses augmentent comme le
des pressions ;

(¹) On appelle *vitesse moyenne* la vitesse que toutes les
devraient avoir si, dans l'unité de temps, il passait par un
sale du tube autant de liquide qu'il en passe en réalité, en
ces molécules animées d'une vitesse égale. En représent
tité d'eau écoulée, par *t*, l'unité de temps, par *s*, la sur

ıature du liquide qui s'écoule (viscosité, fluidité, etc.);
température du liquide; pour un liquide donné, elle aug-
c la température.
ance du tube paraît sans influence sur la vitesse d'écoule-
e à l'existence de la couche inerte; aussi peut-on appliquer
aux de l'organisme vivant les expériences faites sur des con-
ciels.
olumes de liquide écoulés sont proportionnels aux carrés
tres des tubes d'écoulement.

nent dans des conduits de ... ıètre variable. — Dans ce
4) la vitesse représentée par l ... *h*, *h'*, *h''* *h'''* varie en rai-
e du calibre du conduit. La li ... pression R, R', *a*, *b*, R''



1. — Écoulement dans un tuyau rectiligne de diamètre variable. (Wundt.)

: le passage du tube étroit OA au tube large AB fait baisser
dans le tube étroit, que le passage du tube large AB au
BC fait hausser la pression dans le tube large.
des ont la même influence qu'un rétrécissement du tube
ent, c'est-à-dire que la vitesse diminue en amont du coude,
la pression y augmente; mais en réalité les différences de
t assez faibles, même pour des angles considérables.

ment dans les tubes ramifiés. — Si on embranche un tube
un conduit, l'écoulement et la vitesse augmentent dans le
ncipal, en même temps que la pression y baisse plus rapi-
l'auparavant. La figure 135 représente, à l'état schéma-
as qui se reproduit en grand dans l'appareil vasculaire; un
ipal donne naissance à une série de bifurcations dont le
l est supérieur à celui du tube primitif, bifurcations qui se
de nouveau en un tube unique. La ligne R, R', R'', etc., indi-
e cas les variations de pression latérale dans les divers points
.

Écoulement dans les tubes capillaires. — *Transpiration d*
ham. — Pour étudier l'écoulement des liquides dans les tube

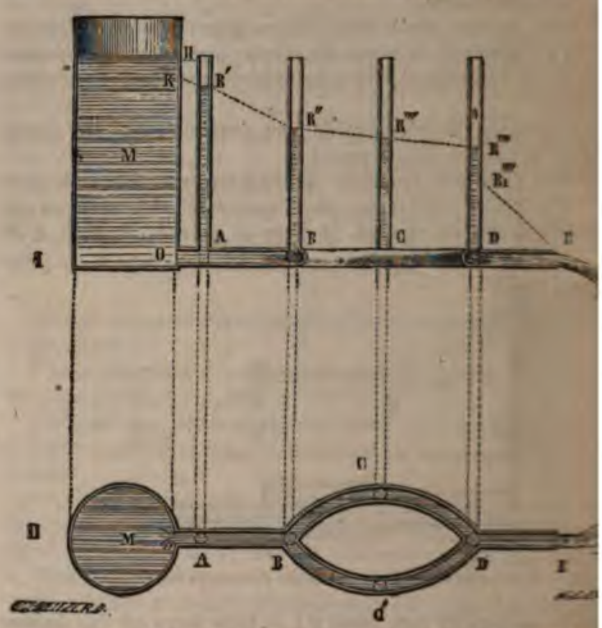


Fig. 135. — Écoulement d'un liquide dans un système de tubes ramifiés. (W

laires, Poiseuille s'est servi de l'appareil suivant(*fig.* 136, p. 641)
de verre en forme de fuseau, M, se continue à sa partie inférieure
tube qui présente sur son trajet une ampoule, A, et se recourbe
horizontalement en se continuant par un tube capillaire, *f*;
et au-dessous de l'ampoule, dont la capacité est connue, sont
deux traits, *c* et *d*. On remplit d'abord l'ampoule A d'eau dist
qu'au-dessus du trait *c* et on place le tube capillaire *f* dans
voir d'eau; on fait alors communiquer la partie supérieure d
avec un réservoir d'air comprimé et on ouvre le robinet supé
liquide s'écoule par le tube capillaire et, avec un cathétomètre,
mine le moment où le niveau du liquide affleure en *c*; on
le temps qui s'écoule jusqu'à ce que le liquide arrive en *d*;
le calibre du tube capillaire, la température du liquide et la
de l'air comprimé; il est facile alors de trouver la durée d'éco
Poiseuille a trouvé les chiffres suivants pour la durée d'écoule
divers liquides :

	Secondes.	Transpirabilité.
	—	—
u distillée	535,2	1
her ordinaire	160,5	0,299
cool à 80°	1184,5	2,213
rum du sang de bœuf. . . .	1029,0	1,922

nde colonne donne la transpirabilité de ces divers liquides, de l'écoulement de l'eau distillée étant prise pour unité.



. Appareil de Poiseuille. (Voir page 640.)

Haro s'es pour étudier la transpirabilité d ides, d'un simple tube thermométr rminé à sa partie supérieure par u sorte d'entonnoir et à sa partie inférieu e par une ampoule; on plonge l'extrémité supérieure dans le liquide et on aspire par l'ampoule; une fois le tube rempli, on applique la pulpe du doigt sur l'ouverture de l'entonnoir et on retourne le tube, qu'on place sur un support; le liquide s'écoule et on note le temps de l'écoulement jusqu'à ce que le niveau du liquide soit arrivé à un trait marqué sur le tube capillaire. (Haro: *De la Transpirabilité du sang*. 1873.) A. Schklarewsky a donné aussi un petit appareil à l'aide duquel on peut obtenir facilement un écoulement constant, soit ascendant, soit descendant, dans un tube capillaire. (*Arch. de Pflüger*, t. I, p. 625.)

Les lois suivantes régissent l'écoulement dans les tubes capillaires :

1° La vitesse d'écoulement est proportionnelle à la pression; elle est proportionnelle au carré du diamètre du tube; elle est en raison inverse de la longueur du tube. La température active la vitesse d'écoulement; cette accélération est beaucoup plus marquée pour le sang défibriné que pour le sérum, qui se rapproche sous ce rapport de l'eau distillée. (Haro.)

2° Le volume d'eau écoulé est proportionnel à la quatrième puissance du diatube capillaire; pour des tubes ayant 1, 2, 3, etc., de diamètre, u écoulé sera 1, 16, 81, etc.; ce volume est proporla pression; il est en raison inverse de la longueur du tube.

2° *Écoulement dans les tubes élastiques.*

Il peut se présenter deux cas. Quand la pression est con l'écoulement se fait comme dans des tubes rigides et il s'éta état permanent dans lequel la force élastique des parois fait éq à la tension du liquide, c'est ce qui arrive pour les petites artè capillaires et les veines, dans lesquelles l'écoulement est consta

Mais il n'en est pas de même quand la pression qui fait mou liquide, au lieu d'être constante, est *intermittente*, comme se exemple, l'action du piston d'une pompe foulante, ou comme l'a du ventricule. Dans ce cas, chaque poussée détermine non-seu un mouvement de progression des molécules liquides, mais en mouvement d'ondulation tout à fait comparable aux ondulation minées sur la surface de l'eau par la chute d'une pierre; se dans cet exemple c'est l'élasticité de l'air qui remplace l'élast la paroi des tubes de conduite.

Soit une poussée du piston dans le tube élastique; les ch passent de la façon suivante. Les molécules liquides subissent une sion devant elles, mais à cause de la résistance des molécules l situées devant elles, cette impulsion se transforme en un mou elliptique qui peut être représenté par la ligne A (*fig.* 137); q

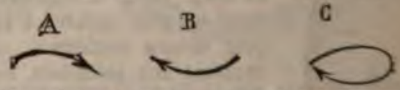


Fig. 137. — Trajectoire décrite par une molécule liquide. (Wundt.)

piston revient sur lui-même, la molécule liquide a le mouvemen trajectoire totale décrite par cette molécule pendant la durée d'une ondulation (allée et venue du piston) peut être figurée Dans le cas supposé, la molécule, à la fin de l'ondulation, revi position primitive; mais, en réalité, il n'en est pas ainsi et à l l'ondulation la molécule liquide a progressé d'une certaine quan sorte qu'il y a un mouvement de translation combiné avec le ment de progression, et la forme de la trajectoire, dans ce c

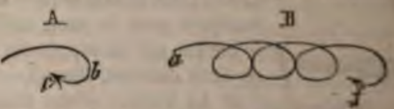


Fig. 138. — Trajectoire des molécules liquides dans le cas de coexistence du mouv translation et du mouvement d'ondulation. (Wundt.)

représentée par A (*fig.* 138) et, après quatre ondulations succes molécule liquide se trouvera transportée de *a* en *f* (B, *fig.* 138).

ue poussée du piston, la paroi du tube élastique se trouve
tendue par l'afflux du liquide dans une certaine longueur
d'ondulation); une fois le piston arrêté, cette paroi réagit par
icité, et chasse le liquide dans la partie du tube qui vient après
dilate à son tour, et ainsi de suite. Chaque poussée, c'est-à-
ue ondulation, se revèle par une augmentation de tension et
e du liquide et par une dilatation du tube élastique qu'elle
à un moment donné; il est même facile de sentir à la main le
le ces ondulations et même de les voir si, au lieu d'un tube
à parois épaisses, on prend, par exemple, une anse d'intestin.
admettons que le piston qui refoule le liquide dans le tube
soit disposé de façon à ne produire que des poussées sans
nt de recul, chaque nouvelle poussée déterminera une ondu-
itive dans laquelle les molécules progresseront dans le sens
l'ondulation; si les poussées se succèdent assez rapidement,
insi une série d'ondulations qui parcourront successivement
lastique. Mais au bout d'une certaine longueur de tube, les
ns s'affaiblissent et finissent par disparaître et le mouvement
se transforme peu à peu en mouvement continu. C'est là un
l'élasticité des parois du tube qui emmagasinent une certaine
mouvement produit pendant la poussée du piston et la resti-
ndant son repos. L'élasticité du tube joue le rôle de la chambre
pompes à incendie.
iston, au lieu d'une poussée, fait un mouvement de recul ou
on, au lieu d'une onde positive on a une onde négative qui
e par un rétrécissement au lieu d'une dilatation et qui se
dans le tube comme l'onde positive, avec cette différence
que les molécules marchent en sens inverse de la propagation
.
a trouvé que, pour les tubes de caoutchouc, la vitesse de
sion de l'ondulation était de 11m,472 par seconde.
icité des conduits influe aussi sur la dépense du liquide, mais
t quand l'afflux de liquide est *intermittent*. Ce fait a été
par Marey. Son appareil consiste en un flacon de Mariotte
un tube muni d'un robinet, tube qui se bifurque et dont cha-
branches se continue par un long conduit; l'un est élastique
u à son origine d'une soupape qui s'oppose au reflux du
l'autre est en verre et par conséquent rigide. Les deux tubes
ême débit, comme on s'en assure en ouvrant le robinet et en
établir un écoulement continu. Mais si l'on ouvre et ferme
ement le robinet, on voit d'abord que l'écoulement par le
de est intermittent pendant qu'il est continu par le tube élas-
fin la dépense est très-inégale et le tube rigide verse beau-
ns de liquide que le tube élastique.

3° *Schéma de la circulation de Weber.*

Weber a construit un appareil très-simple pour représenter les phénomènes essentiels du mécanisme circulatoire (*fig.* 139).

L'appareil de Weber se compose d'une anse d'intestin grêle repliée sur elle-même. La portion 1 de l'anse, qui représente le ventricule, est placée entre deux systèmes de soupapes, 2 et 11, qui empêchent le reflux du liquide en sens inverse de la direction des flèches. Ces soupapes font saillie dans des tubes de verre, 3 et 12, qui sont unis avec le segment ventriculaire 1 et avec le reste de l'anse intestinale. En 6, se trouve une espèce de crible, 7, qui met obstacle au passage du liquide et qui représente les capillaires; la portion d'intestin 4, 5, correspond au système artériel, la portion 8, 9, au système veineux. L'appareil se remplit d'eau par l'entonnoir 10; la direction des flèches indique la direction du mouvement du liquide. Supposons d'abord que le crible 7 n'existe pas. On comprime le segment 9 du tube qui figure l'oreillette; une partie du liquide passe dans le ventricule 1, l'autre reflue en sens inverse; on comprime alors le ventricule, la soupape 11 se ferme, la soupape 2 s'ouvre et le liquide passe dans les artères, 4. Si le tube artériel était rigide,



Fig. 139. — Schéma circulatoire de Web

e la masse liquide incompressible serait mue dans le sens de la
te, mais, les parois étant élastiques, la masse liquide poussée par
ntricule se loge dans la première partie du tube artériel qui se
, puis de cette première partie dans une seconde et ainsi de
; le déplacement, au lieu de se faire en bloc et d'être instantané,
uccessif; il se forme donc, à chaque poussée du liquide, une onde
ve qui parcourt le tube artériel. Cette onde positive n'est pas
d'une onde négative parce que le liquide, à cause de la dis-
on de la soupape 2, ne peut refl--- dans le ventricule.
ntenant, quand on cesse de com er le ventricule 1, il se relâche,
n comprime l'oreillette 9, le liq ue afflue dans le ventricule et il
au niveau de l'oreillette une o e négative qui se propage dans
e veineux dans la direction de 9 n 8, en sens inverse des flèches;
es molécules liquides n'en co tinuent pas moins à progresser
e tube veineux dans la directi n des flèches; le résultat total
onc un déplacement du liquide ne circulation de 8 en 9 et une
tion négative se propageant en inverse.
ors on interpose en 6 un tamis ne éponge, 7, que se passera-
es obstacles qui se produisent auront les conséquences sui-
: 1° l'ondulation positive déterminée par la poussée du ventricule,
d'arriver jusqu'à l'oreillette, s'arrêtera en 7 (capillaires) qu'elle
urra dépasser et restera limitée au tube artériel; 2° à chaque
e du ventricule, il passera plus de liquide du ventricule dans le
rtériel qu'il n'en passera de 5 en 8, du tube artériel dans le
veineux; la pression augmentera par conséquent dans le tube
l et diminuera dans le tube veineux jusqu'à ce que la différence
ux pressions atteigne un degré suffisant pour qu'à chaque pous-
passe autant de liquide de 1 en 4 que de 5 en 8 et de 9 en 1. A
nent, le courant devient constant dans l'appareil à partir de 7 et
ne transversale du tube veineux reste invariable.
de plus simple maintenant que d'appliquer ces notions à la
tion. Quand le ventricule se contracte, la valvule auriculo-ven-
ire empêche le reflux dans l'oreillette, les valvules sigmoïdes
nt et le sang du ventricule passe dans l'artère, de là dans les ca-
s, et revient par les veines dans l'oreillette; celle-ci se contracte
se le sang dans le ventricule et ainsi de suite; quant à la ques-
e savoir si une partie du sang de l'oreillette reflue dans les
comme dans le schéma de Weber, elle sera traitée avec le mé-
e du cœur.
ifférence principale entre la circulation réelle et la circulation
schéma de Weber, c'est que l'onde négative qui, dans le schéma de
, se produit dans l'oreillette et se propage dans le tube veineux
irculation animale, et le rôle de l'oreillette, comme
paraît être précisément de s'opposer à la produc-
e négative. En outre, dans la circulation normale, le

Appareils et procédés d'exploration. — A. Chez l'h
pation. — La main appliquée à gauche sur la poitrine
cœur en dedans du mamelon entre la cinquième et l
Dans certains cas accidentels, plaie de la région cardia
ou dans les cas d'arrêt de développement, fissure cong
num (cas de Groux), absence du sternum, ectopie du
d'exploration a pu être appliqué d'une façon beaucoup
plus précise.

2° *Inspection directe.* — On a pu observer directe
vements du cœur sur des suppliciés. A Boston, des
ouvert la poitrine d'un pendu, ont vu les mouvement
tinuer jusqu'à quatre heures après la pendaison. Ces
pu aussi être observés sur des fœtus humains (Fili, f

3° *Auscultation.* — En appliquant sur la région pré
à nu ou à l'aide d'un stéthoscope, on entend les bruits

4° *Cardiographie.* — La cardiographie a pour but
à un levier enregistreur de la pulsation cardiaque
cœur. Le cardiographe le plus usité est le *cardiogra*
on applique sur la région de la pointe du cœur le tamb
cope de Kœnig [1] dont le tube est mis en communicati
bour du polygraphe, chaque pulsation de la pointe du
par un soulèvement du levier et on en obtient alors l
vant sur le cylindre enregistreur (*fig.* 140, p. 647). Po
sensibilité de l'appareil, Marey injecte de l'eau au lie
membranes du stéthoscope. C'est sur le même prin
construisit le *cardiographe clinique* dont la figure 14
coupe. L'appareil se compose d'une petite capsule el

ords s'appliquent hermétiquement à la peau de la poitrine ; du capsule s'élève un ressort que l'on peut tendre plus ou



140. — Graphique des mouvements du cœur chez l'homme. (Marey.)

olonté ; ce ressort est muni d'une petite plaque d'ivoire e la région où se produit le battement du cœur. Les mouve- muniqués à l'air de la capsule par les pulsations du cœur,

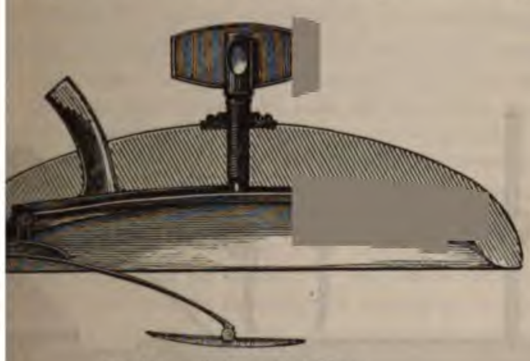


Fig. 141. — Cardiographe de Marey.

nt le ressort, se transmettent par un tube au tambour du

LES ANIMAUX. — En outre des procédés employés chez n peut employer les procédés et les appareils suivants : *tion directe.* — On peut mettre le cœur à nu en enlevant la ique antérieure ; chez les animaux à sang froid, comme la les mouvements du cœur continuent ainsi pendant très- on peut même extraire le cœur de la poitrine sans que ses s'arrêtent, et on a pu ainsi construire des appareils circu- iciels ayant pour moteurs des cœurs de grenouille (Cyon, ats, etc.) ou de tortue (Marey). Chez les mammifères, les du cœur ne tardent pas à s'arrêter après l'ouverture du ce cas, il faut, pour entretenir les mouvements du cœur, espiration artificielle.

2° *Examen au microscope des mouvements du cœur.* — Cet examen peut se faire sur de très-jeunes embryons, surtout sur des embryons de poissons.

3° *Implantation d'aiguilles dans le cœur à travers les parois thoraciques.* — Ce moyen est très-commode pour suivre et compter les mouvements du cœur chez les animaux ; les mouvements de la tête de l'aiguille peuvent être rendus plus apparents en armant l'aiguille d'un petit drapeau ou en la faisant frapper sur un timbre ou sur un ... On peut aussi rattacher la tête de l'aiguille à un levier enregistreur et enregistrer ainsi les mouvements du cœur.

4° *Cardiographie.* — *Cardiographe simple* ou *Myographe du cœur de Marey.* — Cet appareil consiste en un simple levier enregistreur très-léger soulevé près de son axe de rotation par un petit cylindre de moelle de sureau qui repose sur le cœur. — *Cardiographe de Legros et Onimus* (*fig.* 142). Cet appareil consiste en deux tiges verticales sup-



Fig. 142. — Cardiographe de Legros et Onimus.

portées par une branche horizontale et entre lesquelles le cœur se trouve saisi; l'une de ces tiges est fixe, l'autre est mobile autour d'un axe à pivot, et reliée par sa partie supérieure au levier enregistreur du myographe de Marey; quand le cœur augmente de volume dans le sens transversal, l'extrémité supérieure de la tige mobile entraîne le levier du myographe qui trace une courbe ascendante sur le cylindre enregistreur. La figure 143 représente le graphique du cœur de la grenouille pris avec le cardiographe. Chez les animaux à

le cardiographe ne peut être appliqué que si on pratique la res- artificielle.

iste encore d'autres cardiographes, mais qui sont construits sur

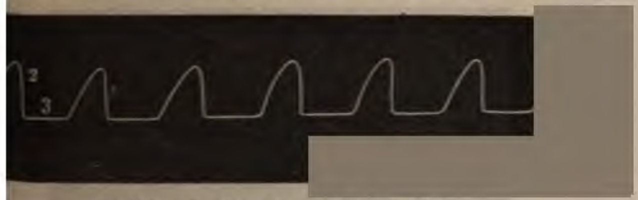


Fig. 143. — Graphique du cœur de la grenouille.

ncipe différent et seront décrits avec les appareils destinés à strer la pression sanguine. (Voir : *Pression sanguine.*)

mouvements du cœur consistent en une série de contractions relâchements qui se succèdent avec un certain rhythme pour ne de ses cavités. La période de contraction a reçu le nom tole, celle de relâchement le nom de *diastole* ; on aura la systole et la diastole des oreillettes, la systole et la dias- es ventricules. Les phases de mouvement se correspondent les cavités droites et gauches de même nom ; les deux sys- ventriculaires sont isochrones ainsi que les diastoles, et il de même pour les oreillettes; si au contraire on considère ette et le ventricule du même côté, les phases sont succes- la systole ventriculaire succède à la systole auriculaire, et ronisme n'existe que pendant un temps très-court où le tier se trouve en diastole. L'ensemble d'une systole et d'une e successives a reçu le nom de pulsation ou de révolution r, et on peut la faire commencer avec le début de la sys- iculaire. La figure schématique suivante (*fig.* 144, p. 650) nte le rhythme, la durée et la succession des mouvements llettes et des ventricules; la systole est représentée par rbe située *au-dessus* de la ligne des abscisses, la dias- une courbe située *au-dessous* ; le mouvement de l'oreil- tracé sur la ligne supérieure OO, celui du ventricule sur inférieure VV. La longueur des lignes OO, VV, repré- durée totale d'une révolution cardiaque. On voit sur re que la systole auriculaire occupe le cinquième seu-

— La croix indique le début du graphique qui se lit de gauche à droite. — entriculaire. — 2, systole ventriculaire. — 3, repos du cœur.

lement de la durée totale d'une révolution du cœur, et la syst ventriculaire les deux cinquièmes; que la systole auriculaire p

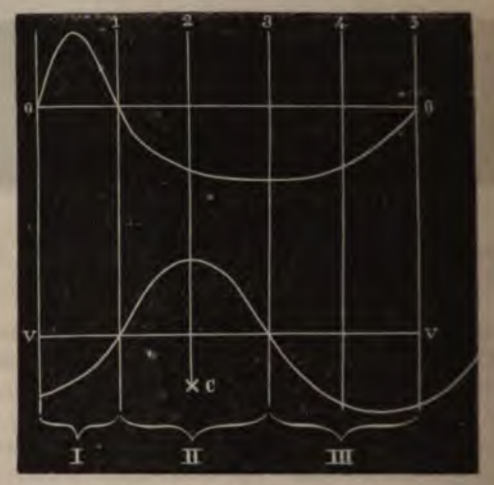


Fig. 144. — Schéma des mouvements du cœur.

cède immédiatement la systole ventriculaire, et que le dé cette dernière coïncide avec le début de la diastole auric enfin pendant les deux cinquièmes de la durée totale, les lettes et les ventricules sont tous deux en diastole.

On peut donc partager, au point de vue des mouvement révolution du cœur en trois temps :

1er temps, systole auriculaire ;

2e temps, systole ventriculaire ;

3e temps, diastole auriculo-ventriculaire, repos du cœu le premier temps ayant la moitié de la durée des deux su Le choc du cœur (C, *fig.* 144) contre la paroi thoracique c avec la systole ventriculaire.

Enfin, si on applique l'oreille contre la poitrine dans la cardiaque (auscultation du cœur), on entend deux bruits s sifs séparés par un silence et qui correspondent, le sile premier temps, les deux bruits au deuxième et au tro temps du cœur. Tels sont, d'une façon générale, les phéno que présente le cœur dans son activité; mais chacun phénomènes exige une étude détaillée.

on et équilibre du cœur dans le thorax.

t enveloppé par une membrane fibreuse, le péri-
rane résistante, peu extensible et d'une élasticité
e. C'est dans la cavité péricardique que se meut le
comotion est facilitée par une séreuse dont le feuillet
se la face extérieure du c… …t le feuillet pariétal
e de la membrane fibreus… …cardique.
de est adhérent, en bas, …entre phrénique du
lont il suit et dont il lim… mouvements d'as-
descente; en haut, il se p… r les gros vaisseaux
cœur, assez fixes eux-mêr… our empêcher à peu
ment tout déplacement de … e partie du péricarde,
térales du péricarde, tend… es du centre phrénique
de la base, ne sont ni extensibles, ni rétractiles,
la cavité péricardique ne peut changer de dimen-
un réservoir élastique ou musculaire. La cavité ne
ue par l'accolement de ses parois, leur plissement,
on d'une plus ou moins grande quantité de sérosité,
existe toujours pendant la vie, et enfin par la vas-
turgescence plus ou moins grande des franges vas-
s qui naissent, soit du feuillet pariétal, soit du
al, soit de la ligne de réflexion des deux feuillets;
n peut dire d'une façon certaine que ces variations
amais être considérables. La forme de la cavité
ne peut varier aussi que dans certaines limites.
ite quantité de sérosité mentionnée plus haut, l'ac-
intime entre le cœur et le péricarde, de même
oumon et la paroi thoracique, et le volume total du
varier qu'à condition que le volume de la cavité
varie de la même quantité.
n du péricarde et du cœur dans la cavité thoracique
cet organe des conséquences comparables à celles
été étudiées pour les poumons (page 563). Tous les
nus dans la cavité thoracique ont une tendance à
suite de la pression négative exercée à leur surface
n effet, la paroi interne du cœur et des vaisseaux
ues subit, par l'intermédiaire du sang qu'ils con-

tiennent, une pression égale à la pression atmosphérique = 760 millimètres; à cette pression vient s'ajouter la pression négative exercée par l'élasticité pulmonaire qui peut varier de 6 à 40 millimètres de mercure (inspirations profondes). Les cavités cardiaques sont donc distendues par une pression qui varie entre 766 et 800 millimètres de mercure. Les obstacles à cette distension sont, d'une part : 1° l'élasticité même des parois du cœur, élasticité très-faible surtout pour les oreillettes dont les parois sont très-minces et qui, par conséquent, peut être négligée; 2° d'autre part, la pression de l'air intra-pulmonaire; or, cette pression est de 703 millimètres dans les inspirations profondes (voir page 436), de 759 millimètres dans les inspirations calmes, de 762 millimètres dans l'expiration calme, par conséquent toujours inférieure à la pression qui tend à dilater les cavités du cœur. Ce n'est que dans les expirations très-profondes, où la pression intra-pulmonaire peut atteindre 847 millimètres et plus, que cette pression dépasse la pression dilatatrice, et nous verrons en effet que dans ces cas il peut y avoir une véritable compression du cœur.

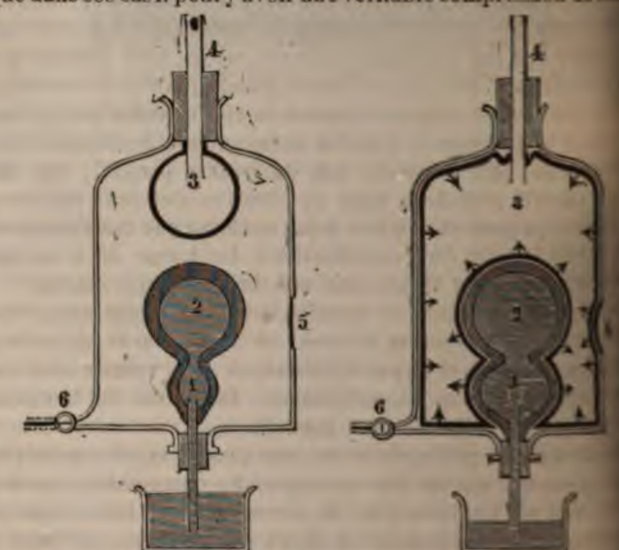


Fig. 145. — Équilibre du cœur dans le thorax. (Hermann.)

L'appareil ci-dessus (*fig.* 145), emprunté à Hermann, éclaircit ces dispositions.

acon, figurant la cage thoracique, communique avec l'extérieur robinet, 6. Ce flacon contient deux vessies élastiques, l'une, 3, nte le poumon et communique avec l'air extérieur par un tube, e vessie représente le cœur et communique avec un réservoir l'eau; celle-ci est divisée en deux segments, l'un, à parois , 2, figure le ventricule, l'autre, à parois minces, 1, l'oreillette; rane 5 représente un espace intercostal. Si maintenant on met et 6 en communication avec une machine pneumatique et sse le vide, on voit les deux v‑‑sies se distendre et s'accoler 'autre jusqu'à ce qu'elles aient rempli le flacon; la distension naximum pour les poumons, 3, bien moins prononcée pour te, 1, et au minimum pour le ventricule, 2, dont les parois sont isses. Dans cet état, on voit que le ventricule et l'oreillette sont leur face interne à une pression égale à la pression atmo- e exercée par l'intermédiaire du liquide du réservoir, et que externe subit une pression éga à la pression atmosphérique lmonaire) diminuée de la valeu l'élasticité pulmonaire dont ion est indiquée par des flèches la figure.

ression négative, due à l'élasticite pulmonaire, favorise la dias- cavités cardiaques, mais, en revanche, elle met obstacle à leur cependant cet obstacle est peu de chose, la systole étant due à musculaire qui n'a aucune difficulté à vaincre une pression qui 6 à 40 millimètres, limites ordinaires de l'élasticité pulmo-

2° *Mouvements du cœur.*

ierai successivement les mouvements des oreillettes et s ventricules.

lettes. — 1° *Systole auriculaire.* — La systole auricu- prompte et brève; la contraction part des embouchures s et se propage rapidement vers les orifices auriculo-ven- es; ainsi pour l'oreillette droite on constate souvent, tement avant la systole auriculaire, des contractions ques des veines caves; la contraction des auricules paraît la systole auriculaire. Le sang de l'oreillette se trouve mis à une certaine pression et n'a que deux voies ou- es veines ou le ventricule; il suivra nécessairement celle où la pression est la plus faible, c'est-à-dire le ventri- effet, le ventricule est à l'état de relâchement absolu et, la faible élasticité de ses parois, n'oppose aucun obstacle à u sang; cet abord est même favorisé, comme on l'a vu,

par la pression négative due à l'élasticité pulmonaire. Du cô
veines, au contraire, la pression, quoique faible, est cependan
sible, d'autant plus qu'elle se trouve encore augmentée par l
traction des embouchures veineuses au début de la systol
peut donc y avoir à l'état normal de reflux dans les veines
que ces veines soient dépourvues de valvules ; il est mê
bable que l'oreillette continue à recevoir du sang même p
la systole, car elle ne se vide jamais complétement.

2° *Diastole auriculaire.* — A ce moment commen
même temps la diastole auriculaire et la systole ventri
Dès que l'oreillette est relâchée, le sang y afflue (en plus
quantité) des veines qui s'y abouchent, sous l'influen
pression qui existe dans ces veines et de la pression néga
parois de l'oreillette qui se laissent distendre passivem
opposer de résistance. Mais la distension de l'oreillette,
à son maximum, empêcherait bientôt l'afflux sanguin
tinuer s'il n'intervenait une disposition spéciale sur
Küss a surtout insisté avec raison ; à mesure que le v
achève sa contraction, la valvule auriculo-ventriculair

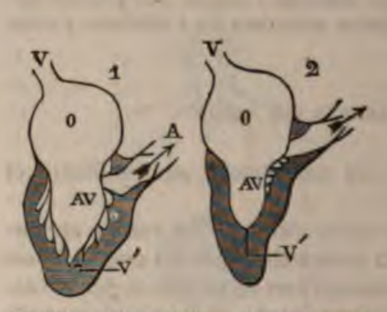


Fig. 146. — Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant la contraction du ventricule. (Küss.)



Fig. 147. — Sché[ma de l'ap]pareil auriculo-[ventriculaire] pendant le repos d[u ventricule.] (Küss.)

une sorte de cône (*fig.* 146 et 147) qui prolonge l'oreill
le ventricule et agrandit d'autant sa capacité, espace qui,

Fig. 146. — 1, pendant la première moitié de la systole ventriculaire. — 2, à la systole. — AV, cône valvulaire. — O, oreillette. — V', ventricule. — A, artère pulmonaire.

Fig. 147. — V, veine. — O, oreillette. — V', ventricule. — A, artère. — 1, 2, infundibulum artériel.

la diastole ventriculaire, communique avec la cavité du
ule à travers les intervalles des muscles papillaires et per-
core à l'oreillette de recevoir de nouvelles quantités de
g. 147, p. 654).

ésumé, l'oreillette a pour fonction principale de maintenir
yenne à peu près constante de pression dans les veines,
inuant, par son extensibilité, la pression qui tendrait à
ter au moment de la systole ventriculaire, en l'augmen-
sa contraction au moment où elle tendrait à diminuer à
la diastole ventriculaire.

ricules. — 1° *Diastole ventriculaire.* — Dès que le
le a cessé de se contracter, le sang, qui afflue de l'oreil-
ns le cône auriculo-ventriculaire, pénètre dans le ventri-
'il dilate jusqu'à ce que la pression soit égale dans le
le et dans l'oreillette ; il n'y a pas d'action aspiratrice du
le autre que celle qui est due à l'élasticité pulmonaire,
nt quelques auteurs ont admis une action aspiratrice due
icité même des parois du ventricule.

stole ventriculaire. — La systole ventriculaire se pro-
que la distension du ventricule atteint un certain degré
uccède immédiatement à la systole auriculaire. La con-
du ventricule est rapide et totale, moins rapide cependant
e de l'oreillette ; tout le ventricule se contracte à la fois ;
e temps les muscles papillaires se contractent énergique-
t tendent fortement les valvules auriculo-ventriculaires
bords s'accolent de façon à empêcher le reflux du sang
reillette ; l'occlusion des valvules est subite et hermétique ;
et à nu par l'oreillette la face supérieure des valvules
injecte de l'eau dans les ventricules par l'aorte ou l'ar-
monaire, pas une goutte d'eau ne passe dans l'oreillette.
ng contenu dans le ventricule se trouve donc à ce moment
entre le cône musculaire des parois du ventricule et le
lvulaire énergiquement maintenu par les muscles papil-
l n'a qu'une voie d'échappement, l'aorte pour le ventri-
uche, l'artère pulmonaire pour le droit. Soit pour le
l'aorte ; la pression du sang dans l'aorte est assez consi-
comme on le verra plus loin ; il faut donc que la
ion ventriculaire communique au sang contenu dans le
le une pression supérieure à celle du sang aortique ; il

faut pour cela une plus grande énergie musculaire, au
dit une plus grande quantité de fibres musculaires; de l
seur des parois du ventricule gauche comparées à c
oreillettes : le sang, ainsi comprimé par le ventricule, r
valvules sigmoïdes et pénètre dans l'aorte qu'il dilate.

Le ventricule se vide complétement à chaque systol
çant environ 180 grammes de sang dans l'aorte. Cependan
Chauveau et Faivre, il resterait toujours un peu de san
sous des valvules auriculo-ventriculaires qui, d'après ces
formeraient un dôme du côté de l'oreillette sous l'influe
poussée sanguine au moment de la contraction ventric
on pourrait sur des chevaux tués par la section du bulb
lesquels on pratique la respiration artificielle, sentir
avec le doigt introduit dans l'oreillette. L'existence de
est cependant encore douteuse et a été très-controversé

La systole ventriculaire occupe environ les deux ci
d'une révolution totale du cœur, et sa durée est beau
constante que celle de la diastole qui varie dans de
assez étendues. (Donders.)

Les mêmes phénomènes se passent dans le ventricu
seulement la pression dans l'artère pulmonaire étant
plus faible que dans l'aorte, le ventricule droit a besoin
d'énergie musculaire ; aussi ses parois sont-elles beauco
épaisses et ses piliers musculaires moins puissants qu
ventricule gauche.

Le mécanisme de l'occlusion des valvules auriculo-
laires a donné lieu à un très-grand nombre de recher
nous est impossible d'analyser ici ; les plus importan
mentionnées dans la bibliographie.

Au moment de la systole ventriculaire, la forme du cœu
au lieu de représenter un cône oblique à base ellipti
présente un cône droit à base circulaire; les diamètre
dinal et transversal de la partie ventriculaire diminue
que le diamètre antéro-postérieur augmente. En même
ventricules subissent un mouvement de rotation autou
axe longitudinal, mouvement de rotation qui se fait de
droite et découvre le ventricule gauche. En outre, on
au moins sur les cœurs mis à nu, un redressement de
du cœur ou une projection en avant de cette pointe q

lans l'état d'intégrité, se transforme probablement en ement de glissement contre les parois thoraciques. descente du cœur et au déplacement qu'il subirait au e la systole en se portant à gauche et en bas, ils ne pas devoir être admis (¹).

3° *Choc du cœur.*

du cœur est isochrone à l systole ventriculaire; on rtout bien si on applique l main sur la région de la cœur; mais, en réalité, il n'est pas exclusif à la pointe es parties des ventricules ment la même sensation it de la systole. Ce fait mo e déjà l'insuffisance des ui attribuent ce choc du c à la projection ou au ent de la pointe. D'autre on ne peut admettre la théorie du *recul* d'Hiffelsl qui compare le choc au recul d'une arme à feu ou au tourniquet hydrau- celle de Sénac, renouvelée par Ludwig, d'après laquelle redresserait par une sorte de mouvement de levier au où le ventricule lance une colonne sanguine dans ce

du cœur est dû au durcissement brusque des fibres mus- ui passent instantanément de l'état de flaccidité à l'état extrême; ce passage rapide à une tension forte se bien quand on saisit entre les doigts un cœur qui se ; c'est elle qui transmet aux parois thoraciques et au les palpe la secousse qui constitue le choc du cœur, et s besoin pour cela que le cœur abandonne la paroi pendant la diastole pour venir la frapper pendant la mme l'avaient fait croire quelques observations mal es (²).

disposé son *cœur artificiel* de façon à imiter le choc du

---

lescente a été cependant observée par Wilckens sur un homme laie du thorax (suite d'empyème); il est vrai que dans ce cas s normales d'équilibre du cœur pouvaient être modifiées.

Bamberger, sur un homme blessé à la région cardiaque, en in- le doigt dans la plaie, a senti que le cœur s'écartait du thorax et s'en rapprochait dans la systole; mais, dans ce cas, les ...t plus les mêmes que dans l'état normal.

cœur (*fig.* 148). Deux ampoules de caoutchouc représentent l'orei-
lette, 2, et le ventricule, 3 ; à l'oreillette est adapté un entonnoir p

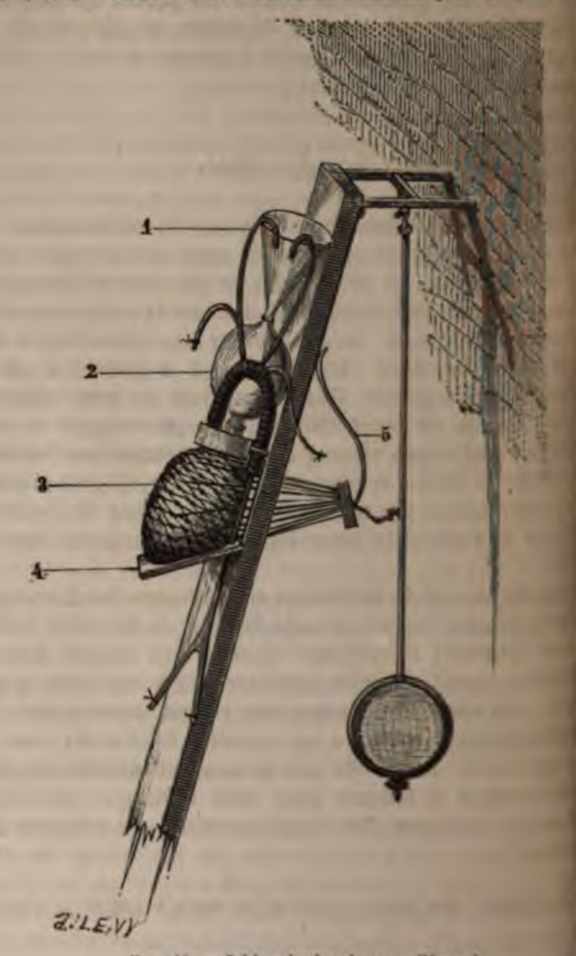


Fig. 148. — Schéma du choc du cœur. (Marey.)

lequel elle se remplit, et dans cet entonnoir vient se déverser, p
tubes en caoutchouc, le liquide chassé par la compression du v
cule; des soupapes imitent le jeu des valvules cardiaques. L'a
est supporté par une planche comme l'indique la figure. Le v

st entouré par un filet de soie à mailles serrées, d'où partent rdonnets qui s'attachent à un ressort, 5, qui les maintient légèt tendus. Derrière la planche oscille un pendule très-lourd aux cordonnets par une corde lâche ; à chaque oscillation dule tend la corde et, par sa traction sur les mailles du filet, ime le ventricule qui chasse le liquide dans les artères; puis oscillation inverse du pendule, le ventricule se relâche et se t de nouveau. En appliquant la main sur ce ventricule artificiel, n est repoussée au moment où le ventricule est comprimé par ation pendulaire, et on a la mê sensation que quand on tient a main le cœur d'un animal au ment de sa pulsation.

4° *Bruits d cœur.*

bruits du cœur sont au n e de deux : le premier qui coïncide avec le deuxièr mps (systole ventriculaire du cœur), est sourd et grave et s'entend surtout à la pointe ur; il dure à peu près aussi longtemps que la systole ventr ire ; le second bruit, clair, plus aigu (il y aurait entre les l'intervalle d'une quarte), coïncide avec le début du troitemps et s'entend surtout à la base du cœur. Puis, à ces bruits séparés par un silence excessivement court succède g silence qui correspond à la fin du troisième temps et au er temps.

plication de ces bruits a été très-controversée. Sans entrer es détails d'une discussion beaucoup trop étendue pour un lémentaire, il suffira de donner l'explication la plus généent admise.

remier bruit est attribué par beaucoup de physiologistes à ion des valvules auriculo-ventriculaires ; il est probable en ue cette tension joue un certain rôle ; mais la plus grande vient certainement à la contraction musculaire elle-même ; nier bruit est essentiellement un son musculaire ; il dure t aussi longtemps que la contraction du ventricule et perur des cœurs de chiens curarisés, alors même que ces sont vides de sang et que par conséquent les valvules auventriculaires ne peuvent être tendues. Quant à l'opinion endie, qui attribuait ce premier bruit au choc du cœur, se soutenir, car il continue à se faire entendre sur extraits de la poitrine.

Le second bruit est dû à la tension des valvules sigmoïd
l'influence de la pression produite sur le sang par l'élastici
rielle ; c'est l'opinion de Rouanet, admise aujourd'hui par
tous les physiologistes ([1]).

Le tableau suivant donne le synchronisme des mouveme
bruits du cœur et du pouls.

1er TEMPS.	2e TEMPS.	3e TEMP
Systole auriculaire.	Diastole auriculaire.	
Diastole ventriculaire.	Systole ventriculaire.	Diastole ventri
Silence.	Premier bruit.	Second bruit.
	Tension des valvules auriculo-ventriculaires.	Tension des sigmoïdes.
	Choc du cœur.	
	Pouls.	

Au lieu de faire commencer le premier temps à la syst
oreillettes et de baser la division des temps sur les mouvem
peut la baser sur les bruits du cœur et faire coïncider le
temps avec le premier bruit, ce qui est moins logique au point
physiologique, mais est peut-être plus commode pour la prat
tableau prend alors la forme suivante :

1er TEMPS.	2e TEMPS.	3e TEMP
Premier bruit.	Second bruit.	Silence.
Diastole auriculaire.		Systole auricu
Systole ventriculaire.	Diastole ventriculaire.	
Choc du cœur.		
Pouls.		

5° *Fréquence des pulsations cardiaque*

Le nombre des pulsations cardiaques est, chez l'adult
à 75 par minute. A âge égal, il est en rapport avec la

([1]) Je n'ai pas cru devoir mentionner la théorie de Beau sur la s
des mouvements et des bruits du cœur, théorie qui est rejetée par
physiologistes et ne peut être soutenue, surtout depuis l'emploi
cédés enregistreurs.

ue du matin à midi, et remonte ensuite (même lorsqu'on jeun) ; il augmente, après les repas, par l'exercice muscu- quelque faible qu'il soit, ainsi par le simple passage du dé- is horizontal à la station debout, par la chaleur, etc. Pour riations d'âge et de sexe, voir : *Age* et *Sexe*.

a un rapport déterminé entre la quantité de sang en cir- on et la fréquence des battements du cœur. Ainsi, dans la animale, à mesure que les battements augmentent de fré- e, la quantité de sang qui traverse en une minute 1 kilo- ne de poids de l'animal augmente aussi, comme le montre leau suivant, dû à Vierordt.

	Quantité de sang par minute et par kilogramme.	Nombre de pulsations par minute.
	—	—
Cheval.	152	55
Homme.	207	72
Chien	272	96
Lapin	620	220
Cabiai	892	320

6° *Circulation cardiaque.*

artères coronaires qui fournissent le sang au cœur, nais- l'aorte au-dessus de l'insertion des valvules sigmoïdes, une si faible distance que lorsque ces valvules se rabat- ntre la paroi aortique, leur bord libre atteint presque et efois dépasse l'orifice de ces artères. Tebesius et à sa eaucoup d'auteurs, se basant sur cette disposition anato- ont prétendu que les artères coronaires ne recevaient de ne pendant la diastole ventriculaire et que, pendant la , l'embouchure des artères coronaires était fermée par les s sigmoïdes. Brücke, dans ces derniers temps, a cherché à sur cette hypothèse une théorie des mouvements du cœur u'il appelle l'*automatisme* du cœur (*Selbststeuerung*) ; le rrivant pendant la diastole, amènerait en pénétrant dans ifications artérielles un élargissement passif des cavités ues. Mais l'opinion de Brücke, appuyée par Ludwig, Her- tc., ne peut s'accorder avec ce fait bien constaté que la n des artères coronaires est isochrone à la systole ven- e. C'est qu'en réalité les valvules sigmoïdes ne s'accolent



Lannelongue a émis l'idée que les mouvements rhy
cœur étaient dus aux variations de la circulation dans l
diverses cavités cardiaques. Se basant sur ce fait qu'un
contracte est à l'état d'ischémie momentanée, il dres
suivant de la circulation pariétale des ventricules et des

Systole ventriculaire. .	Ischémie de la paroi ventricu Réplétion des vaisseaux auric
Systole auriculaire. . .	Ischémie de la paroi auriculai Réplétion des vaisseaux vent

Dans ce cas, l'afflux sanguin qui se produit penda
dans les parois des cavités du cœur déterminerait la
cette cavité. La théorie de Lannelongue s'accorde difficil
fait que le cœur, extrait de la poitrine, continue à battr
ment pendant un certain temps en l'absence de toute ci
diaque.

7° *Quantité de sang du cœur.*

La quantité de sang lancée par chaque ventric
systole peut être évaluée à 180 grammes environ. P
cédés ont été employés pour arriver à cette évaluat
sont tous plus ou moins entachés de causes d'erreur

Procédés. — 1° *Mensuration directe.* — On peut me

calculer la quantité de sang qui passe dans l'aorte pendant temps et d'en déduire, d'après le nombre des battements du quantité de sang lancée dans l'aorte à chaque systole. Ainsi, du sang dans l'aorte étant de 473 millimètres par seconde a coupe de l'aorte de 4,39 centimètres carrés, la quantité de passe dans l'aorte en une seconde sera de 207 centimètres comme, par seconde, il y a une systole, plus un cinquième , il y aura par systole une quantité de 172 centimètres cubes rammes de sang poussée da l'aorte par le ventricule. La ıntité de sang est chassée dan ırtère pulmonaire par le ven- oit, sans cela le sang s'accumulerait peu à peu dans les pou- ı circulation serait entravée.

ıantité de 180 grammes n'est pas constante, du reste, chez ndividu; elle peut varier, même à l'état physiologique, sous conditions, et surtout suivant la pression sous laquelle le dans le ventricule pendant sa diastole.

8° *Irritabililité du cœur.*

bilité du tissu du cœur présente, d'une façon générale, s caractères que celle de tous les tissus musculaires; ırésente cependant une plus longue persistance de son é que les autres muscles, et cette persistance est surtout ıuée dans les cœurs d'animaux à sang froid (grenouille, Les mouvements persistent habituellement plus long- ns le cœur droit que dans le cœur gauche et c'est tou- l'oreillette droite que disparaissent les contractions ı *moriens*).

rritabilité du cœur est liée à l'intégrité et à la nutrition ısu comme pour tous les autres organes; cependant elle même en l'absence de toute circulation, ainsi sur un rait de la poitrine; l'occlusion des artères coronaires me prolonger la durée des battements.

d diminue le nombre des pulsations du cœur; la cha- contraire l'augmente jusqu'à un maximum à partir montre une diminution subite. Cette action se produit n, quoiqu'avec moins d'intensité, chez les animaux à ıd que chez les animaux à sang froid (Calliburcés).

sibilité du cœur est nulle, en tant que sensibilité con- n peut le toucher, le pincer, le piquer sans déterminer



ventricule gauche pousse dans l'aorte 180 gram
comme la pression dans l'aorte est de 20 centimè
qui correspondent à 2 mètres et demi de sang e
surmonter cette pression, c'est comme s'il soulev
de sang à 2 mètres et demi de hauteur; l'effet ut
gauche sera donc par systole égal à 180 × 2 n
0,45 kilogrammètre. Par seconde il sera de 0,
tre, ce qui donne pour 24 heures 46,656 kilogra
la pression dans l'artère pulmonaire est plus
l'aorte (un tiers environ), le travail du ventricul
évalué au tiers de celui du ventricule gauche,
grammètres, ce qui donne un total de 62,208
par jour pour les deux ventricules. Si l'on réfléc
mécanique produit par l'homme en 8 heures de
ordinaire d'un ouvrier) ne dépasse guère 30
mètres, on comprendra facilement quelle énor
travail doit produire le cœur, puisqu'il accomp
environ du travail mécanique total de l'organism

Tout le travail mécanique ainsi produit par le
formé en chaleur.

3. — DE LA CIRCULATION DANS LES V

Les bifurcations d'un vaisseau ont, sauf de
tions, un calibre supérieur à celui du vaisseau

et aboutirait à l'oreillette, représenterait le système veineux capillaires pourraient être figurés par un cylindre très-

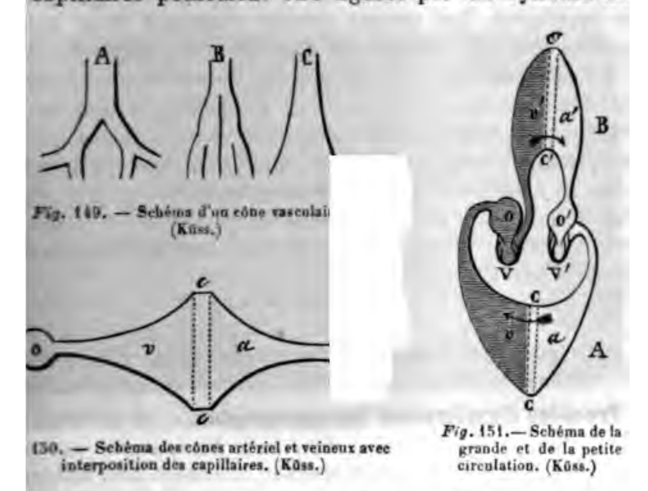


Fig. 149. — Schéma d'un cône vasculai (Küss.)

150. — Schéma des cônes artériel et veineux avec interposition des capillaires. (Küss.)

Fig. 151. — Schéma de la grande et de la petite circulation. (Küss.)

(*c*, *fig.* 150), intermédiaire aux bases des cônes artériel et ux. Dans ce cas, l'ensemble du système circulatoire pourrait endu schématiquement par la figure 151.

alibre respectif des cônes artériel et veineux et du cylindre présente l'ensemble des capillaires est impossible à évaluer façon précise. D'après Vierordt, l'aire des capillaires serait e de l'aorte comme 800 : 1, et à l'aire des veines caves e 400 : 1.

A. — CIRCULATION ARTÉRIELLE.

parois artérielles sont à la fois élastiques et musculaires ; andis que le tissu élastique prédomine dans les grosses

---

9. — A, artère se bifurquant successivement. — B, les branches de bifurcation sont rapprochées et juxtaposées. — C, ensemble du tronc primitif et de ses divisions isions sont supprimées.

0. — V, ventricule. — O, oreillette. — *a*, cône artériel. — *v*, cône veineux. —

1. — A, grande circulation. — V′, ventricule gauche. — *a*, aorte et son cône artériel. — ...éraux. *v*, cône veineux. — O, oreillette droite. — B, petite circulation. — — *v*′, artère pulmonaire et son cône artériel. — C′C′, capillaires. — lmonaire. — O′, oreillette gauche. (La partie ombrée de la figure correspond

veut de la partie étroite (grosses artères) et de l
(petites artères) du cône artériel est donc bien diffé
étudié à part (¹).

1° *Rôle de l'élasticité artérielle.* I

Procédés d'exploration. Sphygmographie. — 1°
MÉTRIQUES. — *Sphygmomètre d'Hérisson. Manomètre*
Chélius et Naumann. — Ces appareils se composent d'u
liquide et dont la partie inférieure, évasée et fermée pa
s'applique sur l'artère ; le liquide du tube monte et
quement avec les pulsations artérielles.

2° SPHYGMOGRAPHES ENREGISTREURS A LEVIER. — *S*
Vierordt (*fig.* 152). — L'appareil à la construction su
du troisième genre, *a b*, tourne dans un plan vertica
horizontal *c c*. De ce levier descend une tige verticale,
plaque, *p*, qui s'applique sur l'artère R. Des poids, placé
PP′, permettent de graduer la pression de cette plaque
mouvements de dilatation de l'artère se traduisent
ment du levier, soulèvement qui se trouve très-am
comme cette extrémité *a* du levier décrirait un arc
transformer ce mouvement d'arc de cercle en mou
Vierordt emploie un deuxième levier plus court, de l
gf; ce second levier tourne dans un plan vertical ant

(¹) Küss admet que la forme naturelle des artères vi
forme rubanée due, selon lui, à la lutte entre l'action d
qui tend à réduire la lumière de l'artère à un point, et

fai. Les extrémités *f* et *a* des deux leviers sont articulées avec rres *transversales*, *nn*, *mm*, et ces barres sont contenues dans

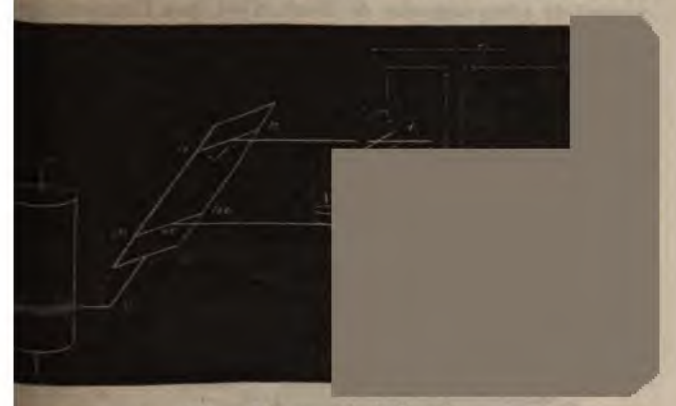


Fig. 152. — Sphygmographe de Vierordt.

re quadrangulaire de l'extrémité inférieure duquel part la tige uelle s'attache le pinceau écrivant. Grâce au second levier *fg*, adre mobile, le mouvement de la tige *o* et du pinceau se fait une ligne verticale et non plus en arc de cercle. Cet instru- des inconvénients ; il est paresseux, ses oscillations sont lentes. é de la pulsation obtenu avec cet appareil présente une période sion égale à la période de descente, ce qui n'existe pas en

gmographe de Marey. — Le sphygmographe de Marey se e de deux parties réunies ensemble, un appareil transmetteur appareil enregistreur (voir : *fig.* 153). L'appareil transmetteur nd une partie fixe et une partie mobile. La partie fixe est un métallique rectangulaire qui se place au-dessus de l'artère ra- t est maintenu sur l'avant-bras par deux demi-gouttières laté- unies par un lien. La partie mobile représente un système de et de ressorts mis en mouvement par la pulsation de l'artère. sort en acier, fixé par un de ses bouts à l'un des petits côtés du porte à son extrémité libre un bouton d'ivoire qui s'applique tère ; une vis permet de graduer la pression du ressort sur . De la partie supérieure du bouton s'élève une petite tige qui ne avec une roue dentée, dont l'une supporte le levier enregis- e levier est très-léger et très-long ; la pulsation de l'artère soulève on d'ivoire, et le soulèvement se transmet par l'engrenage au écrivant. L'appareil enregistreur est constitué par une plaque, se en dix secondes dans une rainure par un mouvement d'hor-

logerie; cette plaque, qu'on recouvre d'une bande de papier,
parallèlement à la longueur du levier enregistreur. Le plus grand
vénient du sphygmographe de Marey, c'est que l'extrémité du
enregistreur décrit des arcs de cercle, ce qui modifie un peu le
que de la pulsation. Le *sphygmographe de Béhier* (*fig.* 153) n'est
modification de celui de Marey. Il permet de graduer la pres
ressort sur l'artère d'une façon plus précise, grâce à l'adjonction
vis dont la pression peut être évaluée à l'aide d'un petit dynam
D. Le sphygmographe de Marey a reçu, du reste, de nombreuses
fications dans le détail desquelles il nous est impossible d'entr



Fig. 153. — Sphygmographe de Béhier.

dois, dans son *angiographe*, a remplacé le ressort par des
pressent sur le bouton qui s'applique sur l'artère.

La figure suivante (*fig.* 154) donne le tracé qu'on obtient



Fig. 154. — Graphique du pouls.

sphygmographe de Marey; l'analyse de ce tracé sera donnée
Sphygmographe de Longuet (*fig.* 155). — Ce sphygmogra
construit sur un principe un peu différent du sphygmographe de
Le bouton qui s'applique sur l'artère est rattaché à une tige
A, dont les mouvements d'ascension et de descente se trans
par la roue H à une plume, G, et sont transformés là en mo
horizontal. Les ressorts CC abaissent la tige A quand elle a

Fig. 153. — 1, vue d'ensemble de l'appareil. — A, ressort avec un bouton B, qu
l'artère. — C, vis de pression appliquant le ressort sur l'artère. — D, dyna
E, aiguille du dynamomètre (les divisions correspondent au grammes). — F, suppor
2, coupe transversale de l'appareil appliqué. — B, bouton qui s'applique sur
F, support. — G, coupe de l'avant-bras.

a pulsation artérielle. Le tracé s'inscrit sur une bande de
e en mouvement par un mécanisme d'horlogerie.

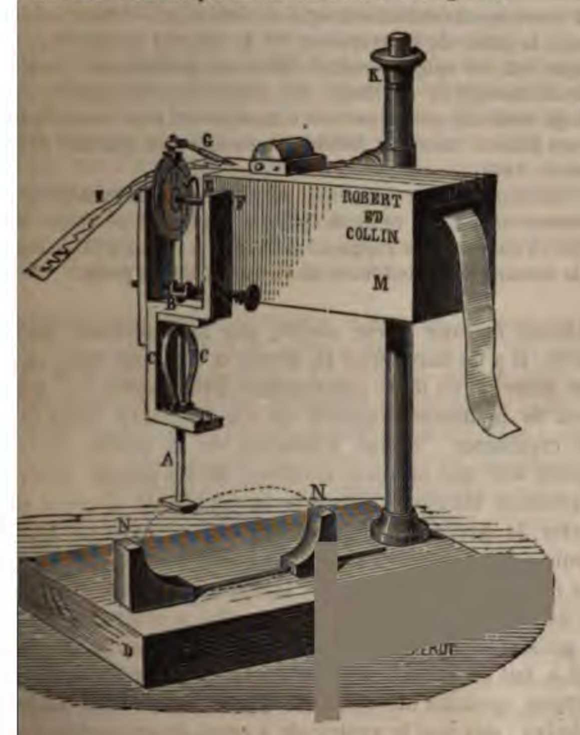


Fig. 155. — Sphygmographe de Longuet.

vient de décrire, tout récemment, un nouveau sphygmo-
ciété de biologie, 21 novembre et 19 décembre 1874.)

MOGRAPHE A MIROIR DE CZERMAK. — Czermak met en con-
'artère la petite extrémité d'un miroir mobile autour d'un
tal ; un rayon de lumière, réfléchi par l'extrémité opposée
ace sur un écran ou sur un papier photographique, les mou-

A, tige verticale dont la plaque terminale s'applique sur l'artère. — B, axe mo-
uel s'enroule un fil porté par la potence E qui surmonte la tige A. — CC, res-
empêcher la plaque de quitter l'artère. — D, pied de l'instrument. — NN, sup-
ntre lesquels se place l'avant-bras. — G, plume écrivante adaptée à la roue H.
de la roue H. — M, mécanisme d'horlogerie. — K, bouton permettant de faire
de l'appareil.

vements de cette extrémité et par conséquent le graphique de la
sation artérielle.

4° SPHYGMOGRAPHE ÉLECTRIQUE DE CZERMAK. — Pour mesurer
tement la durée de la systole et de la diastole artérielles, Czer
adapté, soit au sphygmomètre d'Hérisson perfectionné, soit aux
reils de Vierordt et de Marey, des dispositions (fermeture et int
tion du courant), qui permettent d'enregistrer, avec exactitude, d
de ces phases. (Czermak, *Mittheilungen aus dem Physiol. Privatl
torium*, 1864).

5° SPHYGMOGRAPHE A GAZ DE LANDOIS. — Les pulsations de l'ar
transmettent au gaz renfermé dans un appareil et qu'on allu
sortie et, comme dans l'appareil de Kœnig (voir page 600), les va
de la flamme sont isochrones aux battements du pouls.

Quand le sang a été chassé par le ventricule gauch
l'aorte, il a dû surmonter la pression du sang dans ce va
Il se passe alors deux phénomènes dans l'aorte : 1° un m
ment de la masse sanguine qu'elle contenait dans la di
des capillaires ; 2° une dilatation de sa cavité, dilatati
s'arrête dès que la force élastique de ses parois contre-b
la pression sanguine. Dès que le ventricule a cessé de
tracter, la pression sanguine diminue et la force élastiq
parois aortiques, étant supérieure, réagit sur le liquide
à le refouler, d'une part dans la direction des capillaires, d
tre dans le ventricule. Mais de ce côté le reflux est empê
la présence des valvules sigmoïdes ; ces valvules, loin
tout à fait accolées à la paroi aortique, en sont écartées p
certaine quantité de sang qui existe entre elles et les s
Valsalva ; dès que le ventricule a cessé de se contracter, l
sion du sang agit sur leur face artérielle, tandis que la pres
leur face ventriculaire est réduite à 0 ; elles s'abaissent im
tement et, par l'accolement de leurs bords libres et des n
d'Aranzi, ferment hermétiquement l'orifice aortique. La
sanguine se trouve ainsi poussée dans la direction des cap
et dilate le segment suivant de l'aorte et ainsi de suite. La
mission de ces dilatations successives, ou autrement dit
dulation positive (*forma materiæ progrediens*), se fait a
vitesse de 9m,240 millimètres par seconde, et ne doit p
confondue avec le mouvement de progression de la masse
(*materia progrediens*), dont la vitesse est incomparabl
moindre (voir : *Vitesse du sang*).

D'après Weber et Czermak, la vitesse de transmission de l'ondulation sanguine n'est pas uniforme dans tous les segments de l'arbre artériel; elle diminue progressivement du centre à la périphérie; elle augmente avec la résistance et l'épaisseur des parois artérielles. Quand on connaît la vitesse de l'ondulation, il est facile de connaître sa longueur; en effet, le début de l'ondulation a lieu dans l'aorte avec le début de la systole, la fin avec la fin de la systole; sa durée doit donc égaler la durée de la systole, soit un tiers de seconde; elle aura donc une longueur de 9m,240 : 3 = 3,080 millimètres, c'est-à-dire une longueur telle que, dans l'intervalle de deux systoles, il ne peut se former plus d'une onde dans les artères. Une partie de cette ondulation se réfléchit probablement contre les capillaires et les bifurcations artérielles et parcourt les artères en sens inverse (voir : *Pouls dicrote*).

L'aorte présente donc de ...tats comparables jusqu'à un certain point à la diastole et ... systole du cœur ; il y a en effet une diastole artérielle iso...e à la systole ventriculaire et à laquelle succède une syst... artérielle isochrone à la diastole ventriculaire ; mais cette s...e, au lieu d'être due à la contractilité musculaire comme c... ...'une rétraction élastique. Chaque seg... ...résente donc tour à tour ces deux périod... ...rtérielle, systole artérielle.

Pouls. — Le pouls est ... ...le artérielle. Dans les artères les plus ra... ... diastole est, comme on l'a vu plus haut, ...chrone à la systole ventriculaire ; mais à mesure qu'on s'éloi...e du cœur il y a un léger retard sur cette diastole ; retard dû au temps nécessaire pour la transmission de l'ondulation (Buisson). D'après les recherches de Czermak, voici le retard que le pouls des artères suivantes a sur le cœur.

	Secondes.
Carotide	0,087
Radiale	0,159
Pédieuse	0,193

Marey et Czermak ont constaté un léger retard de la diastole aortique sur le choc du cœur; c'est qu'en effet le choc du cœur correspond au début de la systole ventriculaire et le maximum de la diastole aortique à la fin de cette systole.

...ènes qui se constatent dans une artère au moment ...e ou du pouls sont les suivants :

1° L'artère se dilate. Cette dilatation se fait dans les deux s en longueur et en largeur. L'élargissement de l'artère se con directement par la vue et le toucher; il peut être mesuré entoure l'artère d'un manchon rigide rempli d'eau et surm d'un tube manométrique; les oscillations du liquide indiq les dilatations de l'artère (Poiseuille). L'allongement de l'a est la cause des flexuosités qui se remarquent sur cert artères du corps.

2° La pression sanguine augmente dans l'artère et cette mentation se traduit par une sensation de dureté et par la tance que l'artère oppose au doigt qui la comprime.

3° Le sang augmente de vitesse dans l'artère.

Caractères du pouls. — Les caractères de la pulsation rielle peuvent être facilement étudiés sur les graphiques ob avec le sphygmographe.

Soit le tracé sphygmographique (*fig.* 156); le tracé se

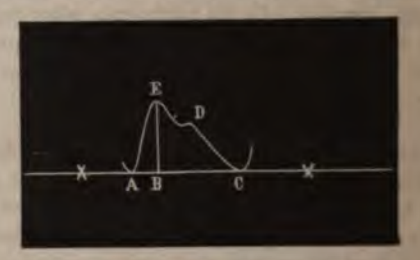


Fig. 156. — Analyse du tracé sphygmographique.

gauche à droite; la ligne d'ascension AE correspond à la di la ligne de descente EDC à la systole artérielle, la longue prise sur la ligne des abscisses, mesure la durée totale du m ment; cette longueur AC est divisée en deux par la perpe laire EB abaissée du sommet de la courbe sur la lig abscisses; la longueur AB mesure la durée de la diastole, gueur BC celle de la systole. Les faits principaux qui res de l'étude des courbes sphygmographiques (*fig.* 154 et 15 les suivantes :

1° En premier lieu, les durées totales des pulsations s général égales, et cette durée est en rapport inverse du n des pulsations dans l'unité de temps. Le pouls est *rare* q

…re de pulsations est au-dessous de la moyenne (65 à 75 par …te), *fréquent* quand il est au-dessus.

Dans les tracés normaux, il n'y a pas de repos de l'artère ; …stole et la diastole succèdent immédiatement et sans inter…on l'une à l'autre ; l'angle formé par le passage de la ligne …ension à la ligne de descente et de la ligne de descente à la … d'ascension est toujours un angle aigu ; ces caractères dis…ssent cependant quand la pression du sang dans l'artère …nt très-forte.

La durée de la diastole est … ès le tiers (quelquefois …) de la durée de la systole ; … qu'à comparer les lon…s qui les mesurent, AB et … tracés de Vierordt ne …nt pas le même résultat, et … s'en rapportait à eux, la …ence serait seulement de 100 … . La *vitesse* et la *lenteur* …uls dépendent du rapport … de chacune de ces pé…; le pouls est *vite* quand la … de la diastole artérielle …ue, *lent* quand cette durée a… …ente.

La ligne d'ascension AE se r…proche de la verticale ; elle …gulière, presque droite ; autrement dit la diastole est brève, …, presque instantanée.

La ligne de descente EC, au contraire, est beaucoup plus …ée et, au lieu d'être rectiligne, elle présente toujours un ou …urs soulèvements, D, plus ou moins prononcés avant d'at…e son point maximum d'abaissement (*dicrotisme* ou *poly…me* du pouls).

…signification de ces soulèvements a été très-controversée. …dt, qui ne les rencontre pas sur ses tracés, les attribue à …rfection de l'instrument de Marey. Mais aujourd'hui on …rde à considérer ce dicrotisme comme un caractère normal …uls. La preuve qu'il n'est pas dû aux oscillations du levier …streur, c'est que les courbes de la contraction musculaire …es avec le sphygmographe ne présentent pas de dicro… et d'un autre côté le dicrotisme existe dans les tracés …s par le procédé *hémautographique* de Landois (voir : …on *sanguine*), dans lesquels la courbe est formée par le jet …n qui sort de l'artère et sans l'intervention d'aucun appa… l'état normal, ce dicrotisme est trop faible pour être senti …doigt qui palpe l'artère ; mais dès qu'il s'exagère, comme … as pathologiques, il devient très-appréciable et on …ement la pulsation artérielle se dédoubler en deux.



rapport inverse de la pression du sang dans l
nue quand cette pression augmente. Les terme
mou indiquent l'état de tension de l'artère et la
dans son intérieur.

7° Enfin le pouls est *grand* ou *petit* suiv
l'artère, volume qui est, en grande partie, en
quantité de sang lancée par le ventricule.

On voit donc que les caractères de la pulsat
pendent de trois facteurs principaux : l'action v
gie cardiaque), le sang (quantité et pression) et
(élasticité et contractilité), et que ces trois facte
chacun pour modifier dans un sens ou dans l'au
de la pulsation. Aussi l'étude des caractères du
leur analyse à l'aide des tracés sphygmographiq
plus grande importance en médecine.

Fick a constaté, en plaçant son bras dans un vase
tube en U, une augmentation du volume du bras
pulsation artérielle et a obtenu, en adaptant à l'ap
enregistreur, une courbe très-analogue à celle du sp

2° *Contractilité artériell*

La contractilité n'est guère marquée que
artères dont la tunique musculaire est très-d

t les contractions sont successives et l'artère est le siége de
rements alternatifs de resserrement et de relâchement ; tan-
ı modification (contraction ou dilatation artérielle) a une
ne durée ; elle est persistante.

contractions successives se montrent sur les petites artères ;
ontractions sont souvent *rhythmiques*. Ainsi Schiff les a ob-
es sur l'oreille du lapin ; on les a rencontrées dans les artères
is, du mésentère, etc. ; les contractions rhythmiques ne
sochrones ni au pouls ni à la respiration et leur nombre
inute est très-variable (3 à 7 par exemple). Quelques auteurs
oulu faire de ce fait un phénomène général et constant. La
et le rôle de ces contractions rhythmiques sont assez obs-
; peut-être jouent-elles le rôle de régulatrices de la circula-
apillaire. Les dilatations artérielles sont dues au relâche-
de la tunique contractile, et il est difficile d'admettre avec
une dilatation active des vaisseaux.

modifications persistantes du calibre artériel (contraction
atation) ont une importance physiologique beaucoup plus
e. La contraction d'une artère a pour effet immédiat d'aug-
r la pression en amont de l'artère, d'accélérer la vitesse
urant sanguin dans son intérieur et de diminuer la quantité
g qui arrive au réseau capillaire fourni par l'artère. Quand
contraction porte sur une circonscription vasculaire éten-
a réaction se fait sentir sur tout le système artériel ; le
e total de ce système diminuant notablement, il en résulte
ugmentation de pression, et il y a diminution de pression
e cas contraire.

outre, cette diminution de calibre a une influence immé-
sur les circulations voisines. Supposons, par exemple, que
tères des membres inférieurs se rétrécissent, pour une
ou pour une autre (froid, etc.), une partie du courant san-
le l'aorte descendante qui aurait passé dans ces artères, ne
nt plus y trouver place, sera dérivée et passera dans les
s des organes abdominaux qui recevront alors beaucoup
e sang que d'habitude. Ce *balancement des circulations*
joue un rôle important et trop méconnu en physiologie
pathologie. Ce balancement explique l'origine anatomique
ucoup d'artères et peut se formuler ainsi : toutes les fois
ieurs artères naissent d'un tronc commun ou au voisi-
e de l'autre, il y a balancement des circulations corres-

pondantes ; quand l'une diminue, l'autre augmente; c'est a qu'on observe ce balancement, pour ne citer que quelq exemples, entre la circulation thyroïdienne et la circulation c brale, la circulation gastro-hépatique et la circulation spléni etc., et d'une façon plus générale, entre la circulation abdo nale et celle des membres inférieurs, entre celle de la tê celle des membres supérieurs, entre la circulation cutanée circulation profonde.

La contractilité artérielle peut être mise en jeu par les tants ordinaires du tissu musculaire (actions mécaniques, éle cité), que l'excitant soit porté directement sur l'artère ou n'a que par l'intermédiaire des nerfs vaso-moteurs. Cette contrac persiste quelque temps après la mort (quelquefois une à plus heures).

Les variations de calibre des artères sont soumises à deux influ principales, l'influence nerveuse vaso-motrice, l'influence de l'a cardiaque.

Le rétrécissement des artères pourra donc résulter :

1° D'une excitation des centres vaso-moteurs ; dans ce cas, le cissement sera actif, musculaire, et s'accompagnera d'une augmen de pression sanguine ;

2° D'une diminution d'activité du cœur ; dans ce cas, le ré sement est passif, élastique, et s'accompagne d'une diminu pression.

La dilatation artérielle pourra être produite par :

1° Une paralysie vaso-motrice ;

2° Une exagération de l'activité cardiaque.

Dans ces deux cas, la dilatation est passive, élastique, mais s'a pagne dans le premier cas d'une diminution, dans le deuxième, augmentation de pression.

Si l'on admet les nerfs vaso-dilatateurs, il y aurait encore :

Dilatation par activité des centres vaso-dilatateurs,

Rétrécissement par paralysie vaso-dilatatrice.

B. — CIRCULATION CAPILLAIRE.

Procédés. — La circulation capillaire peut être étudiée a croscope très-facilement, surtout chez les animaux à sang froi la grenouille, on peut l'examiner sur la membrane interdigit mésentère, la langue et le poumon. Pour éviter les mouvemen l'animal, on le curarise; la circulation continue et on peut ains

l'observation pendant un temps très-long. Il suffit de tendre rane à examiner au-dessus d'une plaque de liége percée d'un le la fixer avec des épingles, mais en prenant bien soin de ne rrompre la circulation. Pour l'étudier sur le poumon, cet organe maintenu à l'état de distension par un courant d'air humide). Quand l'observation doit être prolongée longtemps, il faut r la dessiccation de la membrane, soit en l'humectant de temps s avec un liquide indifférent, soit en plaçant l'animal dans une ère saturée d'humidité. La qu ie du têtard, les jeunes em- surtout les embryons de poisso se prêtent très-bien à l'étude culation capillaire. Chez les ani x à sang chaud, cette étude difficile; cependant, elle peut aire assez facilement sur le re de petits animaux.

doit pas oublier dans cet exa n que, grâce à l'amplification pique, la vitesse du sang dans capillaires *paraît* beaucoup sidérable qu'elle ne l'est en ré .

emble des capillaires const ue, comme on l'a vu déjà, e d'élargissement qui termine la base du cône artériel et ède le cône veineux; cet élargissement ou ce cylindre court, et entre l'artériole qui précède immédiatement le apillaire et la veinule qui le suit immédiatement, il n'y plus de 1 à 2 millimètres de distance. Mais quelque fai- soit cette distance des artères aux veines et quelque bref le passage du sang à travers les capillaires, cet élargisse- lit sanguin ne s'en traduit pas moins par une diminution e et de pression du sang.

tre, l'examen direct de la circulation capillaire au mi- permet de constater les faits suivants. Le courant san- préciable par le mouvement des globules entraînés par nt est continu, uniforme et ne présente pas d'accéléra- riodiques correspondantes à la systole du ventricule. Le a toujours la même direction et se fait toujours des ar- s les veines, sauf dans les cas d'obstacle à la circulation. e capillaire a un calibre assez considérable, on voit que e liquide immédiatement en contact avec la paroi du paraît immobile (couche inerte) et que le mouvement s rapide dans l'axe du vaisseau. Les globules rouges i emportés par le courant et subissent en même temps ment de rotation qui découvre tantôt leur face, tantôt ils s'arrêtent souvent sur un éperon de bifurcation e en laissant ballotter leurs deux extrémités dans les deux



organes en capillaires, ou autrement dit le rap
total des capillaires au calibre des artères afféren
effet, ce qui règle la quantité de sang reçue par l'o
rait donc représenter la circulation de chaque
double cône vasculaire analogue à celui qui repr
lation générale (voir page 665). On verrait ain
rences présentent les divers organes; il n'y a qu'
point de vue le testicule au foie, par exemple.

Les capillaires sont, du reste, sujets à des var
de calibre, et ces variations sont de deux espèces
passives et dues à la quantité plus ou moins for
sang, réglé lui-même par le calibre des artères a
quantité de l'écoulement par les veines efférentes
actives et consistent en des alternatives de rétré
dilatation; ces rétrécissements paraissent dus à d
tractiles fusiformes (cellules endothéliales?) et p
la lumière du capillaire de façon à empêcher le p
bules rouges (de Tarchanow).

e. — CIRCULATION VEINEUSE.

Les tissus élastique et musculaire entrent dans
des veines comme dans celle des artères, mai
mêmes proportions; leurs parois sont plus minces
tement élastiques, plus dilatables, ce qui est en

Reichert), à l'embouchure des veines caves (Colin); et, du
s excitations mécaniques (choc bref sur les veines dor-
la main, Gubler), l'électricité, déterminent leur con-

culation veineuse se fait, comme dans le reste du système
é, sous l'influence de l'inégalité de pression du sang; le
coule des capillaires, lieu de la plus forte pression,
veines, lieu de la plus faible pression. Quoique l'en-
u système veineux repré nte un cône qui va en se
nt des capillaires à l'orei ette et que cette disposition
oduire une augmentation de pression marchant dans le
ns, cette augmentation est compensée et au delà par
ion périodique de l'oreillette pendant sa systole et le
inal est une diminution de pression des capillaires au
ir *fig.* 164, p. 688). Cependant ces différences de pres-
deux extrémités du système veineux ne seraient pas
s pour amener une circulation sanguine régulière si
onditions accessoires n'intervenaient pour contre-balan-
stacles que la pesanteur (spécialement pour les veines
bres inférieurs), les compressions veineuses (par causes
es, par l'action musculaire, etc.), l'expiration, l'effort,
sent à la circulation du sang dans les veines.
ses qui favorisent la circulation veineuse sont les con-
musculaires (quand elles ne sont pas portées au point
r la lumière du vaisseau), les anastomoses nombreuses
communiquer les veines voisines ou les veines superfi-
ec les veines profondes, les battements des artères satel-
esanteur pour quelques veines et surtout l'inspiration
pports de la circulation et de la respiration). Enfin, les
sentent en beaucoup d'endroits des replis ou valvules
le façon à s'opposer au reflux du sang dans la direction
aires et à permettre le libre écoulement dans la direction
Sans ces valvules le sang veineux, comprimé par l'ac-
ulaire ou par des obstacles mécaniques, aurait autant
ce à se diriger vers les capillaires que vers le cœur.
ement sanguin dans les veines est continu et uniforme
ns les capillaires. Ce n'est que dans les cas patholo-
'on observe dans les grosses veines du cou un *pouls*
sochrone à la systole auriculaire, pouls veineux admis
me normal par quelques auteurs.

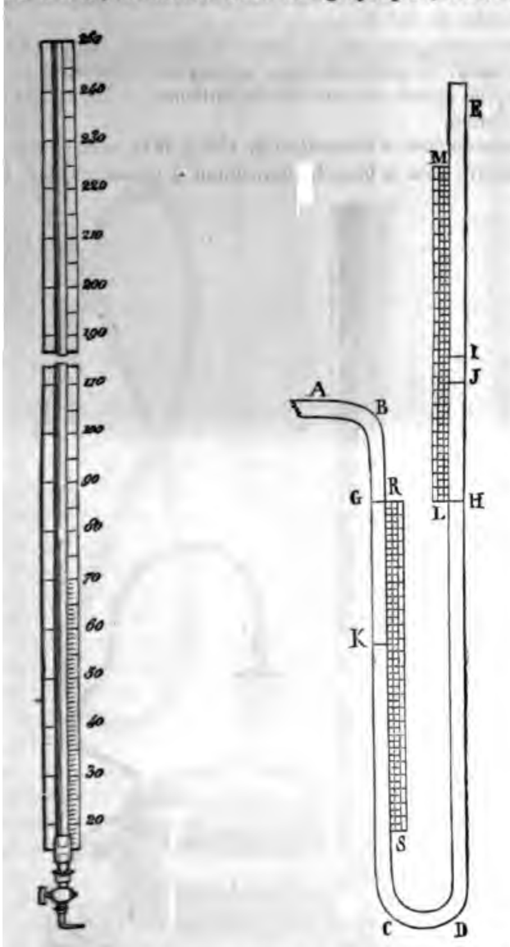
est plutôt du ressort de la pathologie que de la p
renvoie aux traités de séméiologie et de patholog
L'*innervation* des vaisseaux sera traitée dans
l'innervation.

4. — PRESSION SANGUINE.

Procédés pour mesurer la pression sanguine. —
de ces procédés, on emploie des vaisseaux, artères
calibre permette l'introduction d'une canule ; le mode
canule au vaisseau peut se faire de deux façons : ou
est coupé transversalement, un des bouts lié, et l'autr
arrive le sang, mis en communication avec la canule
est préférable, mais moins facile, l'incision est simplem
canule ajustée sur la paroi du vaisseau de façon à me
latérale sans interrompre la circulation du sang dans
appareils destinés à mesurer la pression sanguine peu
à quatre types : l'hémautographie, les manomètres à
nomètres métalliques, les manomètres à transmission

1° Hémautographie. — Lorsqu'on incise un vaiss
coule de ce vaisseau et forme, si la pression sanguine
jet qui monte plus ou moins haut suivant la force d
Dans les artères où la pression est très-forte et s'accro
tole ventriculaire, le jet est très-élevé et saccadé ; da
tères, il est d'autant moins élevé qu'on s'éloigne plus
uniforme ; enfin, dans les veines où la pression est très-
en nappe, en bavant, à moins que, comme dans la saigné
la pression dans la veine par la compression de cett

r sur le papier d'un appareil enregistreur le jet de sang qui ne artère; on obtient ainsi des graphiques, tracés par le jet



157. — Tube de Hales. (Voir page 680.)

Fig. 158. — Hémodynamomètre de Poiseuille. (Voir page 682.)

ui-même en dehors de toute complication instrumentale, gra- qui ont par conséquent l'avantage de reproduire fidèlement caractères de pression, de vitesse, de quantité que le courant

sanguin subit à son passage à travers une artère. Les tracés du
tériel ainsi obtenus par Landois sont presque identiques aux tra
sphygmographe de Marey.

2° MANOMÈTRES A MERCURE. — Dans ces appareils, pour éviter
gulation du sang, on interpose entre le sang du vaisseau et le m
une solution de sulfate de soude ou de carbonate de soude qui en
cette coagulation.

Hémodynamomètre de Poiseuille (*fig.* 158, p. 681). — Poiseuille
d'un manomètre dont la branche horizontale A communiquait av

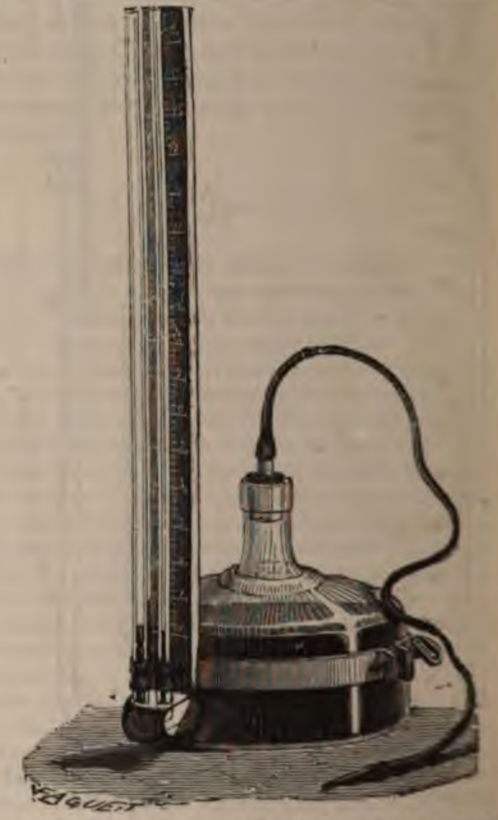
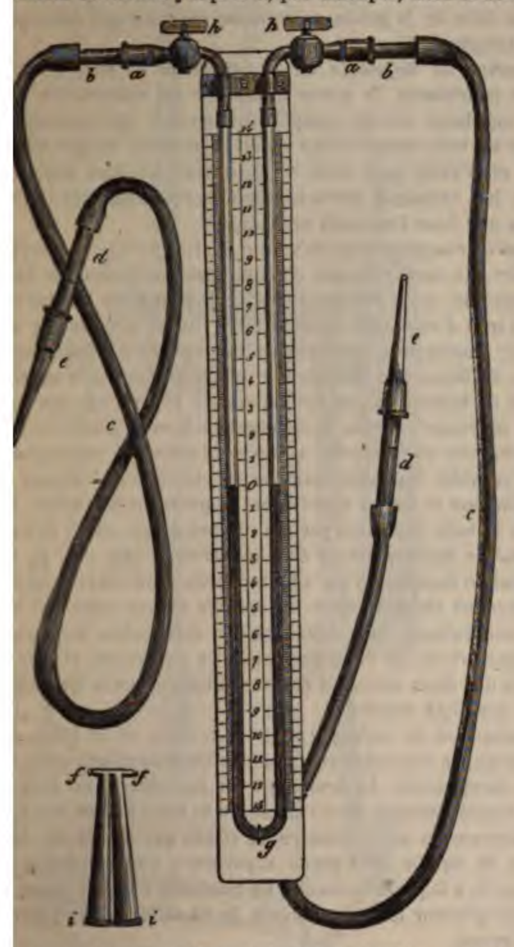


Fig. 159. — Manomètre compensateur de Marey. (Voir page 684.)

tère. Du mercure remplissait les deux branches verticales jusq
veau GH ; l'intervalle RA était occupé par un liquide alcalin po

gulation. Le sang presse alors sur la colonne mercurielle GS
baisser le niveau jusqu'à K, par exemple, dans la branche BC,



. 160. — Manomètre différentiel de Cl. Bernard. (Voir page 684.)

g, tube recourbé à branches parallèles. — h, robinet. — a, pièce pour fixer
c, tube en gutta-percha. — d, pièce de cuivre sur laquelle se fixe la canule e
dans le vaisseau.
ormée de deux canules soudées. Les tubes adossés ff sont mis en rapport avec
l'une artère coupée. — Les canules ii s'ajustent aux pièces dd.

sensibles que dans l'appareil précédent.

Manomètre compensateur de Marey (*fig.* 159, p. 682). —
à remédier aux inconvénients des manomètres ordinaire
nients sont de deux sortes : 1° les oscillations de la
rielle ont trop d'amplitude à cause de la vitesse acquise
liquide ; 2° l'ascension de la colonne mercurielle est plu
descente, de façon que la moyenne numérique entre le
minimum de hauteur d'une oscillation ne représente p
pression moyenne (*tension dynamique* de Marey). Marey
entre la cuvette sur laquelle s'exerce la pression sang
vertical un tube capillaire qui, par sa résistance, dimi
des oscillations et donne exactement la pression moyen
remplace le tube capillaire par un robinet qu'on ouvre

Manomètre différentiel de Claude Bernard (*fig.* 160
instrument se compose d'un tube recourbé dont les bra
communiquent chacune avec un ajutage et une canul
nules s'introduisent dans deux artères différentes, ou
bouts d'une artère, ou dans une artère et une veine, et
de niveau des deux colonnes mercurielles indiquent le
pression des deux vaisseaux.

Kymographion de Ludwig (*fig.* 161, p. 685). — Le ky
Ludwig n'est pas autre chose qu'un hémodynamomètre au
appareil enregistreur. La branche 3 du manomètre se
mise en communication avec l'artère en 9. Dans l'autre
sur le mercure un petit cylindre en ivoire qui monte
le niveau du liquide. A la partie supérieure, ce cylindr
d'une tige, 5, à laquelle s'attache un pinceau, 7 8, qui t
lindre enregistreur les mouvements de va et vient du c
et du mercure.

3° Kymographion de Fick (*fig.* 162, p. 686). — Fick a

est mobile et rattachée à un système de leviers articulés qui en mouvement une pointe écrivante dont les déplacements

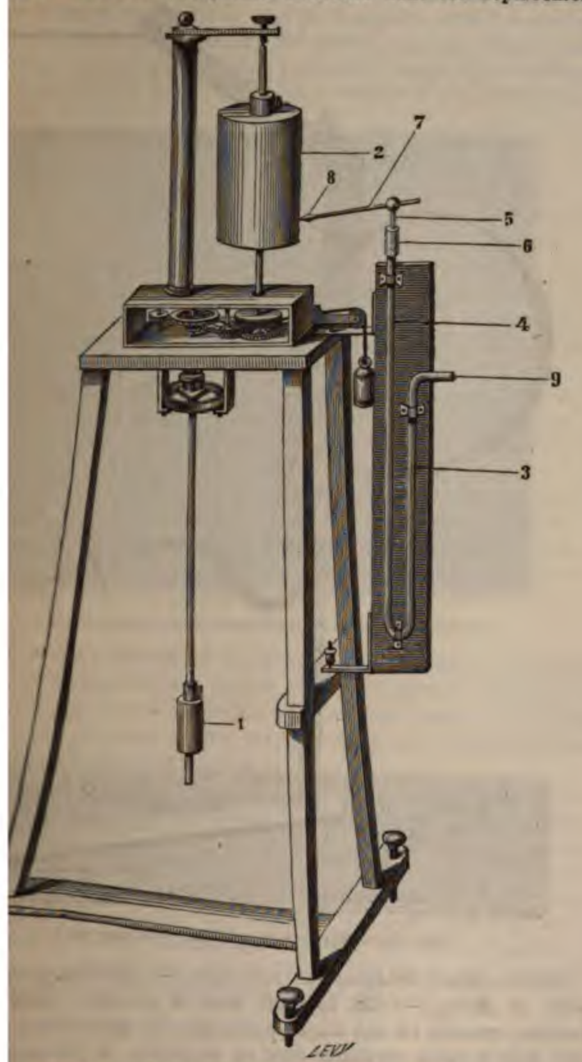


Fig. 161. — Kymographion de Ludwig. (Voir page 684.)

verticaux enregistrent, en les amplifiant, les déplacements de l'extré-
mité mobile du ressort.

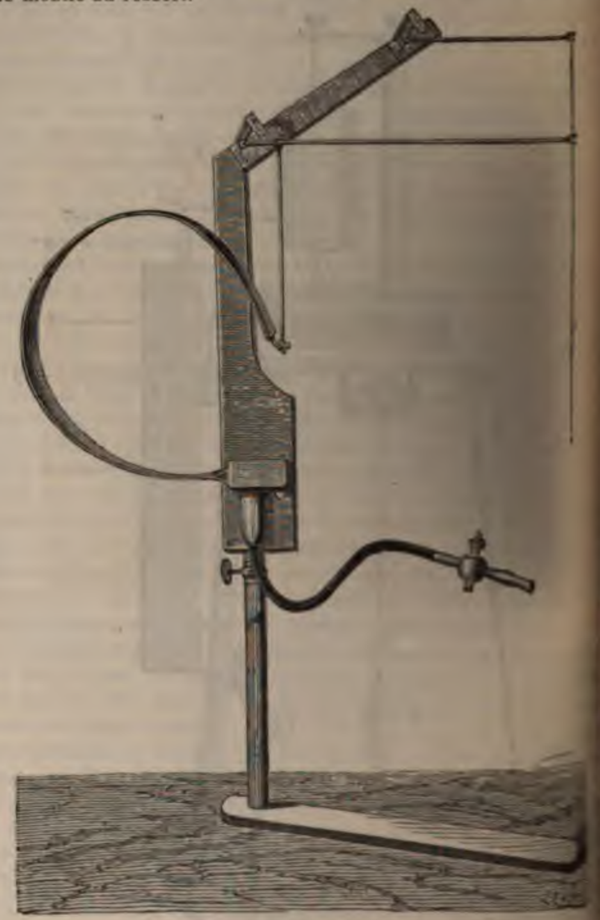


Fig. 162. — Kymographion de Fick. (Voir page 684.)

4° Appareils a transmission par l'air. — *Cardiographe de C*
veau et Marey. — Cet appareil, dont la première idée est
Buisson, consiste en une ampoule élastique en caoutchouc qu'on
duit dans la cavité cardiaque dont on recherche la pression et
l'autre côté, communique avec le tambour du polygraphe. La p

seau comprime l'ampoule, et cette pression se transmet par l'air bour et au levier du polygraphe qui l'inscrit sur un cylindre en-ur. C'est en introduisant ainsi des ampoules dans l'oreillette et ricule que le tracé suivant a été obtenu, tracé qui donne la pres-sang dans les deux cavités pendant le temps d'une révolution r (*fig.* 163). La ligne V représente le tracé de la pression dans le

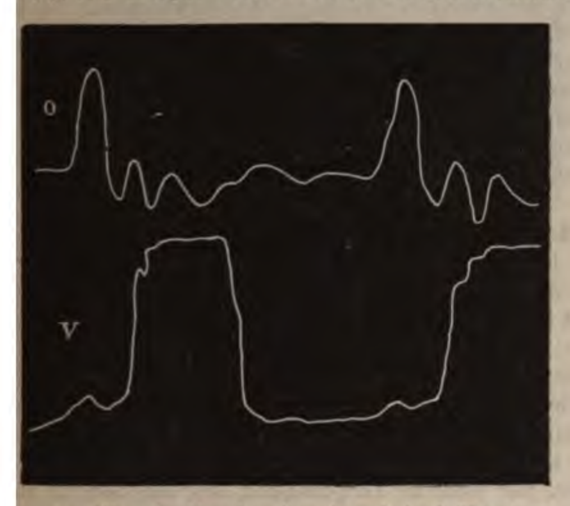


Fig. 163. — Graphique du cardiographe sur le cheval. (Marey.)

ule, la ligne O celle de la pression dans l'oreillette. L'ascension ne O correspond à la systole auriculaire (premier temps); celle ne V à la systole ventriculaire (deuxième temps); le troisième liastole des deux cavités) est représenté par l'horizontalité plus s parfaite des deux lignes.

hygmoscope (*fig.* 169, 2) de Marey sert à enregistrer la pres-ns les artères. Il se compose d'une ampoule en caoutchouc ns un manchon de verre; l'intérieur de l'ampoule communique ube avec l'artère dont on recherche la pression, et les mouve-e diastole et de systole de l'artère amènent des mouvements ndants d'expansion et de retrait de l'ampoule, mouvements qui mettent à l'air du manchon et par un tube, 4, au tambour du he. La ligne P des figures 170 et 171 donne les graphiques ulsation de la carotide du cheval obtenus avec le sphyg-

façon générale, la pression sanguine diminue du cœur

aux capillaires et des capillaires au cœur; elle atteint son mum dans le ventricule au moment de la systole, son mi dans l'oreillette au moment de la diastole, et peut même dans l'oreillette et les grosses veines être négative, c'est-à-dire tomber au-dessous de la pression atmosphérique. La courbe de la figure 164 représente les différences de pression dans les différents segments du système vasculaire.

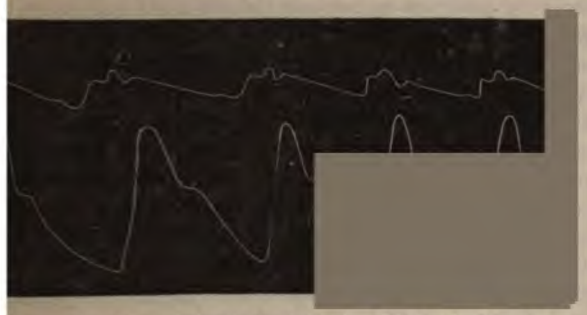
Fig. 164. — Courbe des pressions dans vasculaire.

Pression artérielle. — Chez l'homme, la pression dans la carotide peut être évaluée à 15 centimètres de mercure; elle est de 28 centimètres chez le cheval, de 15 chez le chien, de 5 à 9 chez le lapin. Elle est plus faible dans les petites artères plus éloignées du cœur, quoiq seuille, par suite de l'imperfection des instruments q ployait, l'ait trouvée égale partout. On applique sur deux également distantes du cœur, les deux crurales, par exe manomètre différentiel de Cl. Bernard; le mercure reste in en équilibre dans les deux branches; si on l'applique artères inégalement éloignées du cœur, le mercure bais la branche correspondante à l'artère la plus rapprochée dans l'autre. Ainsi, dans la figure 165, page 689, qui re le tracé de la pulsation dans l'aorte et dans la faciale cheval, la courbe de l'aorte (courbe supérieure) prése bien plus forte tension que celle de la faciale (courbe inf

La pression artérielle en un point donné subit des va périodiques qui se traduisent par des oscillations de la

Fig. 164. — 1, ventricule. — 2, artères. — 3, capillaires. — 4, veines. — De A en C, ligne de pression dans les grosses artères; de C en D, dans les petite D en E, dans les capillaires; de E en B, dans les veines. Les lignes ponctuées a C, a' la pression au moment de la systole ventriculaire (a C) et de la diastole (a' C); à p pression sanguine est uniforme jusque dans l'oreillette.

lle *et par* une ascension de la courbe obtenue par les enregistreurs. Cette pression augmente au moment de



165. — Graphique de la pulsation de l'aorte et de la faciale. (Marey.)

ventriculaire, baisse au moment de la diastole, et ces sont d'autant plus prononcées que les artères sont plus es du cœur. A une petite distance des capillaires, la este constante en un point donné et la colonne mercu-eure immobile. Les oscillations périodiques de la pres-ielle, bien visibles aux redoublements saccadés que e jet sanguin d'une grosse artère, varient entre 5 et 10 s de mercure, et la moyenne numérique du maximum imum de pression donne la pression moyenne du sang un point donné, avec les réserves faites plus haut au manomètre compensateur de Marey. On peut l'obtenir moyen des courbes graphiques par le procédé de (voir : *Laboratoire de physiologie*).

ut pas confondre cette pression moyenne en un point c la pression moyenne du sang dans le système artériel. e peut s'obtenir qu'en prenant la moyenne des pressions artères différentes et inégalement distantes du cœur. La artérielle moyenne dépend directement de la quantité ontenue dans les artères et, par suite, du calibre total du rtériel. Toute diminution de calibre, quelle que soit sa stacle mécanique, ligature d'un vaisseau, contraction e des parois artérielles, etc.), fait hausser la pression moyenne; toute augmentation de calibre a un effet ette pression augmente avec l'énergie des battements

à moins de travail à chacun de ses battements

Outre ces oscillations périodiques dues à l'acti
il en est d'autres isochrones aux mouvements res
seront étudiées plus loin (voir : *Rapports de la*
la respiration).

Pression veineuse. — Les mesures des pre
sont beaucoup moins constantes que celles de
rielles ; cependant un résultat incontestable, c'es
dans les veines voisines du cœur est le 10[e] ou l
sion dans les artères correspondantes, et que
auriculaire elle peut même tomber au-dessou
négative). Jacobson a trouvé sur le mouton —
mercure dans la veine innominée gauche, la jug
clavière gauche, + 0,2 dans la jugulaire droi
veine faciale externe, + 5 dans la faciale inter
veine crurale. La pression veineuse ne présente
périodiques isochrones aux changements de pr
cependant il y a dans les gros troncs veineux
légère diminution de pression au moment de
culaire, et une augmentation légère au mome
(Weyrich.)

La pression veineuse moyenne augmente par l
que la pression artérielle ; seule l'action du cœur
inverse ; l'énergie des pulsations du cœur dim
veineuse en amenant une déplétion plus rapide
du système veineux.

e entre la pression artérielle et la pression veineuse, mais on ;ut lui assigner une valeur certaine. Cette pression sera donc la dépendance immédiate des tensions artérielle et veineuse, ant quand ces tensions baissent, augmentant quand elles ientent. C'est cette pression des capillaires qui règle la transsion du plasma sanguin à travers les parois des capillaires et, uite, la formation de la lymphe et les échanges du sang avec ssus.

ession cardiaque. — La pr du sang dans les cavités eur est celle qui présente le grandes inégalités (voir 53, page 687), surtout dans les icules. Chauveau et Marey ouvé chez le cheval 128 mill s dans le ventricule gau-5 millimètres dans le ventric oit, $2^{mm},5$ dans l'oreillette . C'est qu'en effet *la pressio s le système pulmonaire* aucoup plus faible que dans rande circulation. On l'a e de 10 à 30 millimètres dan ère pulmonaire. (Ludwig.)

a vu, au début du chapitre, que la quantité de sang est onsidérable que le calibre *naturel* de l'appareil vasculaire onné à son élasticité; le sang distend donc les parois des ux et s'y trouverait par conséquent, même en supposant r immobile et la circulation arrêtée, à un certain degré de . On a cherché à évaluer cette tension en chloroformant mal et produisant chez lui l'arrêt du cœur par la galva-n du pneumogastrique; on a vu alors la pression baisser s artères, hausser dans les veines et un équilibre général ion s'établir, équivalent à peu près à 10 millimètres de re (Brunner, Einbrodt). Cette tension, appelée par quelques pression moyenne, mais qu'il vaut mieux appeler *pres- réplétion* du système vasculaire, baisse après la mort, et issement est dû à la diminution de la quantité de sang par dation du sérum et au relâchement des parois vasculaires.

5. — VITESSE DU SANG.

reils pour mesurer la vitesse du sang. — *Hémodromomètre* (*fig.* 166, page 692). — Cet instrument se compose d'un ue court, 1, 4, sur lequel s'embranche un tube de verre

en U, 2, 3, rempli d'une solution alcaline incolore. Deux robinet
voies permettent, suivant leur jeu, d'interposer le tube en U

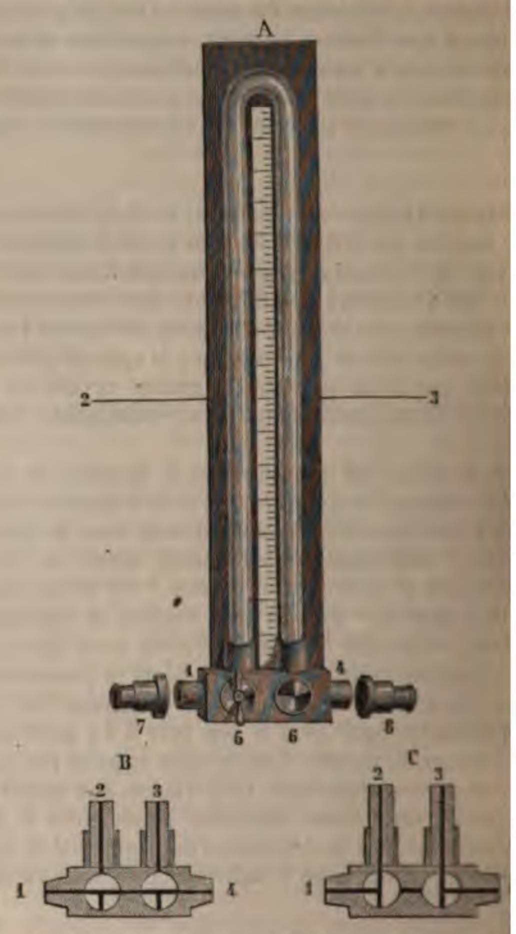


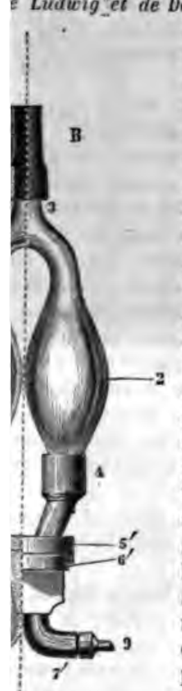
Fig. 166. — Hémodromomètre de Volkmann. (Voir page [illegible].)

trajet du tube métallique, comme en C, ou de l'en isoler t
comme en B. On tourne d'abord les robinets dans la positio
réunit les extrémités 1 et 4 du tube court aux deux bouts
seau ; le sang coule de 1 en 4 ; on tourne alors rapidement le

[redacted]

on C ; le sang ne peut passer directement de 1 en 4 et est 'erser le tube en U ; il s'y mêle à la solution alcaline, qu'il voit au changement de coloration quand il a parcouru le r et combien il a mis de temps à le parcourir. Comme on ;ueur du tube, on en déduit facilement la vitesse du sang.

e Ludwig et de Dogiel (fig. 167). — Cet appareil est d'un maniement plus facile et plus rapide que le précédent. Deux ampoules de verre, 1 et 2, de capacité déterminée, communiquent entre elles par un tube, 3, et à leur autre extrémité communiquent avec deux tubes, 7 et 7', qui s'adaptent aux deux bouts d'une artère ou d'une veine par les ajutages 8 et 9. Les ampoules sont supportées par un disque, 5, 5', qui peut tourner sur le disque inférieur 6, 6', de façon que chacune des ampoules peut se trouver en communication alternativement avec le tube 7 et avec le tube 7'. Avant l'opération, on remplit l'ampoule 1 de sang défibriné, l'ampoule 2 d'huile, et on met en rapport (l'appareil étant dans la position indiquée dans la figure) le tube 7' avec le bout central de l'artère, et le tube 7 avec le bout périphérique. Le sang arrive par 7' et pousse l'huile de l'ampoule 2 dans l'ampoule 1, dont le sang défibriné passe dans le bout périphérique de l'artère. On note l'instant où le sang de l'artère arrive dans l'appareil et l'instant où le sang a rempli l'ampoule 2, jusqu'à un trait marqué d'avance. On a ainsi le temps qu'une quantité de sang correspondante à la npoule a mis à traverser l'artère, il est facile d'en déduire urant. On recommence ensuite l'opération en tournant le ampoule 1, remplie d'huile, communique alors avec le e bout central de l'artère ; l'ampoule 2, remplie de sang, riphérique de l'artère. On peut répéter ainsi successivefois l'opération pour en contrôler l'exactitude.



l de Ludwig et Dogiel a vitesse du sang.

ltre de Vierordt (fig. 168). — Cet appareil se compose tangulaire dont les parois opposées sont formées par parente ; le sang y arrive par l'ajutage situé à droite de

la figure et sort par celui de gauche; mais avant de sortir, le c
sanguin déplace un petit pendule terminé par une boule d'arge
nie de deux pointes qui touchent sans frottement les deux glaces et permettent, malgré l'opacité du sang, de voir les mouvements du pendule. La déviation du pendule, indiquée sur un cercle gradué, mesure la vitesse du sang. Vierordt a complété son appareil en le transformant en appareil enregistreur.

Fig. 168. — Hémo de Vierord

Hémodromographe de Chauveau et Lortet (*fig.* 169, page 695). — La figure représente l'hémodromographe combiné au sphygmoscope de Marey. Un
cuivre, 1, s'adapte par ses deux bouts au vaisseau sur lequel
expérimenter; vers le milieu de ce tube se trouve une fenêt
tement fermée par une membrane en caoutchouc; cette m
est traversée, comme le montre la figure 1 *bis*, par une aig
fait saillie à l'intérieur du tube et dont l'autre extrémité se ter
une pointe écrivante qu'on met en communication avec le pa
appareil enregistreur, 8. Le courant sanguin, passant par le tu
l'aiguille et la déviation s'inscrit sur le papier qui se déroule d
pareil enregistreur. Le sphygmoscope 2 communique d'a
avec le tambour du polygraphe 5, et le levier du polygraphe
simultanément les variations de pression dans l'artère. Cet
donne des indications très-précises et a été employé avec su
Chauveau, Laroyenne, Lortet, etc.

Les figures 170 et 171, page 696, donnent, d'après Lo
graphiques de la vitesse (V) et de la pression (P) dans la ca
cheval.

Mesure de la vitesse du sang dans les capillaires. — Cet
s'apprécie facilement au microscope; il suffit de compter
qu'un globule sanguin met à parcourir un espace donné m
micromètre. Vierordt a employé pour la mesurer la vision entop
mouvements des globules dans les capillaires de la rétine (voir

Procédés pour mesurer la vitesse de la circulation. –
d'Héring. — On injecte dans une veine jugulaire du ferro-cy
potassium et on recueille le sang de la jugulaire, du côté o
5 secondes en 5 secondes, puis on examine chaque portion
recueilli avec le perchlorure de fer; un précipité de bleu de P
dique à quel moment le sang recueilli contenait le ferro-cyan
conséquent combien il a fallu de temps à la substance inje
parcourir le circuit vasculaire. Vierordt a perfectionné le pr
adaptant les vases destinés à recueillir le sang au disque tour
appareil enregistreur; il recueille ainsi le sang de demi-se
demi-seconde.

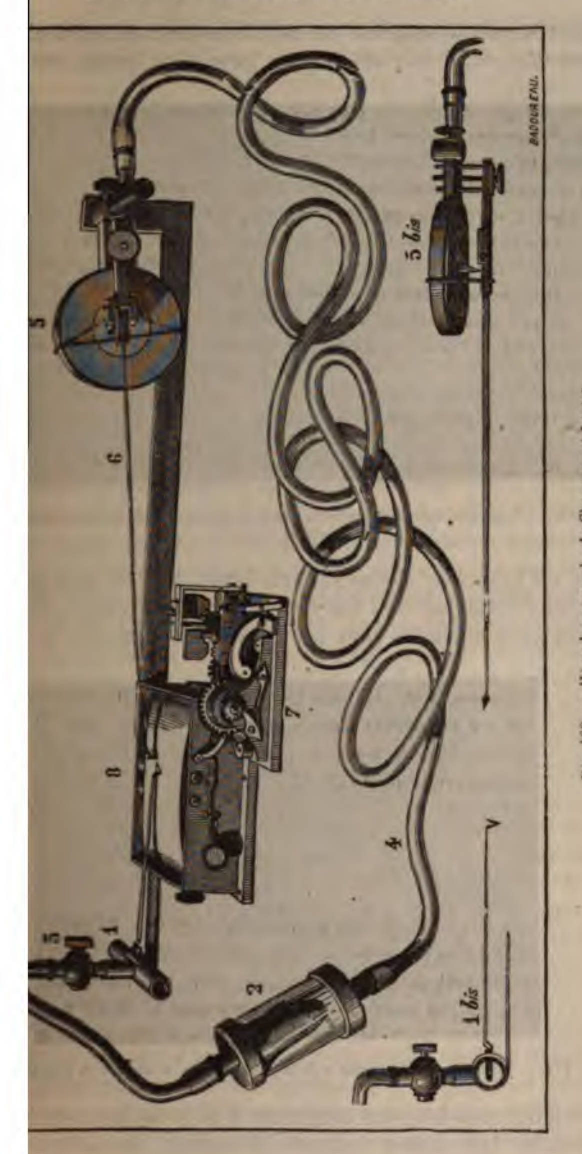


Fig. 169. — Hémodromographe de Chauveau et Lortet.

La vitesse du sang est en raison inverse du calibre to
vaisseaux ; ainsi elle est la plus forte dans l'aorte, elle d

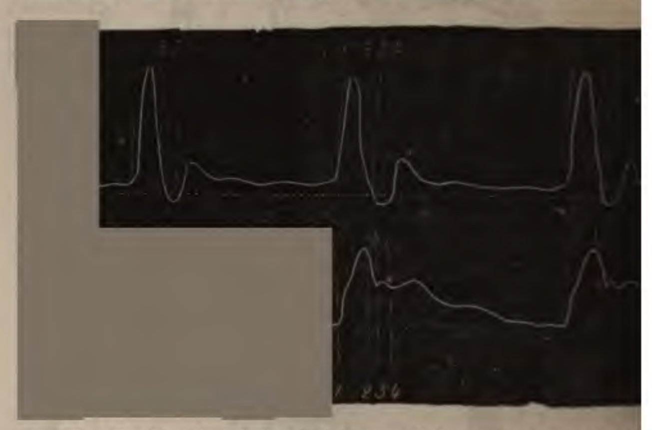


Fig. 170. — Graphique des variations de la vitesse et de la pression du sang dans la
du cheval. (Lortet.)

dans ses branches, atteint son minimum dans les capillaires
la section totale est 800 fois celle de l'aorte, et augmente da
veines pour atteindre dans les gros troncs veineux une vi



Fig. 171. — Graphiques de la vitesse et de la pression dans la carotide du cheval. (Lo

assez forte, mais toujours inférieure à celle des grosses artè
de l'aorte. Les chiffres suivants indiquent, en millimètres

es du sang par seconde dans les différentes parties de l'ap-
l vasculaire :

	Cheval.	Chien.
	—	—
Artère carotide	300	260
— maxillaire	165	—
— métatarsienne.	56	—
Capillaires.	0.5 à 0,8	—
Veine jugulaire.	(?)	—
Veines caves	(?)	—

dis que dans les petites art ipillaires et les veines,
sse est constante et unifo en est plus de même
es artères et spécialement d grosses ; chaque systole
culaire y amène une accél de vitesse (voir *fig.* 170
, p. 696). En outre, dans l ses veines les plus rap-
ées du cœur, la respiratio ne deuxième cause de
ions rhythmiques dans la vi du sang.
causes qui font varier la vitesse du sang sont : 1° les diffé-
s de pression entre l'origine et la terminaison du système
laire ; mais la pression moyenne du sang n'a aucune in-
e, on peut augmenter ou diminuer cette pression par une
ion ou par une saignée sans changer la vitesse du courant ;
obstacles sur le trajet du courant sanguin et surtout les
gements de calibre des vaisseaux, changements qui sont
l'influence de l'innervation ; 3° la qualité du sang ; certaines
ances (addition de sels alcalins neutres) activeraient la vi-
du sang (Aronheim). Il n'y a pas de rapport constant entre
quence des battements du cœur et la vitesse du sang.

peut appeler *vitesse* ou *durée de la circulation* le temps
e molécule sanguine met à parcourir complétement le cir-
vasculaire (grande et petite circulation), qu'un globule san-
par exemple, parti du ventricule, met à revenir à ce ven-
e. *A priori*, il est évident que cette durée variera suivant
gueur du circuit à parcourir et qu'un globule sanguin parti
ntricule gauche et qui passera par les capillaires du pied
a plus de temps pour revenir au ventricule que le globule
parcourra que l'artère coronaire, les capillaires du cœur
coronaire. Cependant on a cherché à apprécier la
yenne de la circulation en prenant une longueur de

circuit vasculaire intermédiaire entre ces deux extrêmes. D'après les expériences d'Héring, répétées par Vierordt, cette vitesse pour la circulation des veines jugulaires est de 16 secondes chez le chien, de 23 secondes approximativement chez l'homme, c'est-à-dire qu'en 23 secondes une molécule partie de la veine jugulaire revient à son point de départ. Pour les veines crurales on obtient 2 secondes de plus. Cette vitesse de la circulation explique la rapidité avec laquelle les substances introduites dans le sang, les poisons par exemple, se répandent dans l'organisme.

Chez un individu donné, la fréquence du pouls diminue avec la vitesse de la circulation, à moins que la fréquence ne soit extrême, auquel cas, cette vitesse, au lieu de diminuer, augmente.

Il y a donc un rapport entre la fréquence des battements du cœur et la vitesse de la circulation, et Vierordt a trouvé que chez la plupart des espèces animales la vitesse de la circulation égale au temps pendant lequel le cœur fait 27 pulsations. C'est ce que montre le tableau suivant emprunté à Vierordt :

	Poids du corps en grammes.	Fréquence du pouls par minute.	Nombre de pulsations pendant la durée de la circulation.
Cabiai	222gr	320	23,7
Chat	1,312	240	26,8
Hérisson	911	189	23,8
Lapin	1,434	220	28,5
Chien	9,200	96	26,7
Cheval	380,000	55	28,8
Poule	1,332	354	30,5
Buse	693	282	31,6
Canard	1,324	163	28,9
Oie	2,822	144	26,0

6. — RAPPORTS DE LA CIRCULATION ET DE LA RESPIRATION.

Les deux phases de la respiration influencent à la fois la vitesse et la pression du sang.

Pendant l'*inspiration*, la pression sanguine moyenne diminue dans toutes les parties contenues dans le thorax, cœur, artères et veines, où elle tombe même au-dessous de 0 ; cette diminu-

[redacted]

tend donc à favoriser l'arrivée du sang veineux dans
ıves, l'oreillette droite et le ventricule droit, et à re-
ɔrtie du sang artériel du ventricule gauche et de
dilatation et l'extensibilité des veines caves et du cœur
t égales à celles du ventricule gauche, il y aurait
n et la circulation n'en serait pas influencée ; mais il
ainsi; les veines et l'oreillette droite, étant bien plus
que le ventricule gauche et l'aorte, se dilatent beau-
oir *fig.* 145, page 652), et p suite l'influence accélé-
e sang veineux l'emporte : l'influence défavorable
le cours du sang artéri la circulation est donc
favorisée. Dans les veines voisines du thorax, il y a
véritable aspiration, de façon qu'une fois incisées, au
er écouler du sang, on peut voir, grâce aux disposi-
niques qui les maintiennent béantes (Bérard), l'air
ns leur intérieur et amener une mort presque im-

temps l'inspiration augmente la grandeur et la fré-
pouls, car il arrive plus de sang dans le ventricule
suite dans le ventricule gauche ; mais ces effets ne se
que dans les inspirations profondes. Si l'inspiration
onde et qu'en même temps on ferme hermétiquement
bouche, la pression baisse dans le thorax de 50 à
res au-dessous de la pression atmosphérique ; il y a
ion exagérée du cœur et ralentissement du pouls.

ion a une action inverse ; la pression augmente dans
t dans les artères ; la capacité de ces vaisseaux et
grosses veines intra-thoraciques diminue ; la circula-
le est favorisée, la circulation veineuse, au contraire,
dans les veines caves et dans les grosses veines du
gonflent ; le cœur reçoit alors moins de sang et ses
deviennent alors moins fréquents et moins énergi-
ut même, en faisant une forte expiration, la glotte
luire l'arrêt du cœur (Weber), expérience qui n'est
nger.

é, l'inspiration favorise la circulation veineuse, gêne
n artérielle ; l'expiration gêne la circulation veineuse,
irculation artérielle ; mais il n'y a pas compensation
fluences opposées, et la résultante générale est une

L'appareil de la petite circulation se trouve co
dans le thorax et il en résulte des conséquences
point de vue de la circulation générale. En eff
veines pulmonaires sont soumises à la même pr
et aux mêmes alternatives de pression que le cœ
grosses veines ; mais tandis que les capillaires c
générale, situés en dehors du thorax, sont soumi
diaire des tissus, à une pression extérieure à peu
(pression atmosphérique), les capillaires des p
dans le thorax même, subissent une pression ext
suivant les phases respiratoires. Les conditions d
tion pulmonaire sont d'autant plus importantes
représente une partie du circuit vasculaire et c
passe forcément par la voie pulmonaire, de sort
une gêne de cette circulation arrête immédiatem
circulation générale.

Les causes de la circulation pulmonaire son
toute circulation, les différences de pression des
du circuit, ventricule droit et artère pulmonaire
naires et oreillette gauche. Mais la mensuration
dans ces vaisseaux est très-difficile ; cependant c
la pression dans l'artère pulmonaire était de 10 à
de mercure, par conséquent 4 à 5 fois moindre
dans les grosses artères ; la pression dans l'ore
les veines pulmonaires n'a pu être évaluée, mais
cher de celle des veines caves.

Quelle est maintenant l'influence des deux ét

ation et expiration, sur la circulation pulmonaire? La ques- été peu étudiée expérimentalement; cependant on peut er, d'une façon générale, que pendant l'inspiration la cir- n capillaire du poumon est favorisée, et qu'il y a très- lement augmentation de capacité des capillaires du pou- en effet le poumon, au lieu de pâlir, conserve sa coloration au moment de l'inspiration, et comme il a augmenté de , il faut donc qu'il y ait eu en même temps augmentation quantité de sang qu'il contenait; en outre, Quincke et r ont vu que la quantité de sang qui coule à travers les ns est plus grande quand on dilate les poumons, non par tion, mais par diminution de pression à leur surface exté- (mécanisme de l'inspiration). Comme conclusion, on arrive ce résultat très-important, que dans l'expiration il y a e la circulation pulmonaire capillaire et que plus l'expira- prolonge, plus cette gêne devient considérable, au point d'amener dans certaines conditions un arrêt complet de irculation; de là la nécessité de pratiquer la respiration elle chez un animal dont on veut entretenir la circulation, les muscles inspirateurs sont paralysés (section du bulbe) nd le thorax a été ouvert.

graphie. — HARVEY : *Exercitationes anatomicæ de motu cordis*, 1628. — : *Hémastatique*, 1744. — SENAC : *Traité de la structure du cœur*, 1777. — WEBER et V. WEBER : *Wellenlehre*, 1825. — POISEUILLE : *Recherches sur du cœur aortique*, 1828. — BEAU : *Recherches sur les mouvements du cœur.* res générales de médecine, 1835.) — PARCHAPPE : *Du Cœur*, 1844. — VOLK- : *Die Hæmodynamik*, 1850. — VERNEUIL : *Le Système veineux*, 1853. — LSHEIM : *Physiologie du cœur*, 1855. — VIERORDT : *Die Lehre vom Arterien-* 855. — CHAUVEAU et FAIVRE : *Nouvelles Recherches expérimentales sur les ments et les bruits normaux du cœur.* (Gazette médicale de Paris, 1856.) — : *Physiologie médicale de la circulation*, 1863. — A. COUSIN : *Essai sur le ographe*, 1864. — E. ONIMUS : *Études critiques et expérimentales sur l'occlu- s orifices auriculo-ventriculaires.* (Journal de l'Anatomie, 1865.) — L. LOR- *Recherches sur la vitesse du cours du sang*, 1867. — E. ONIMUS et C. VIRY : *critique des tracés obtenus avec le cardiographe et le sphymographe.* (Journal natomie, 1866.) — DOGIEL : *Die Ausmessung der strömenden Blutvolumina.* ig's Arbeiten, 1868.) — L. LANDOIS : *Die Lehre vom Arterienpuls*, 1872. — D : *On sphygmography.* (Journal of Anatomy and Physiology, 1872.) — : *Sur le mode de fonctionnement des valvules auriculo-ventriculaires du* Archives de Physiologie, 1874.)

b. — Circulation lymphatique.

rculation lymphatique présente beaucoup d'analogie avec lation veineuse; c'est en effet sous l'influence de la pres- nguine que le plasma sanguin transsude à travers la paroi

des capillaires pour constituer la partie essentielle de la
et c'est encore sous l'influence de cette pression que cette
progresse jusqu'aux gros troncs lymphatiques pour se jet
dans le système veineux. Les lymphatiques constituent
véritable *appareil de drainage* chargé de faire rentrer
circulation sanguine l'excès du plasma transsudé non
pour la nutrition des tissus et pour la sécrétion. Le sang
en arrivant dans les capillaires, prend donc, sous l'act
pression qui le pousse, deux routes différentes et se p
deux courants de retour, l'un, le courant veineux qu
directement au cœur en suivant la voie toute tracée d
veineux, l'autre indirect qui traverse les parois des ca
se répand dans les tissus, est repris par les lymphatiques
enfin, par une voie détournée, se réunir au courant di
liquide dont il était sorti (voir *fig.* 12, page 82).

Les expériences de Ludwig, Noll, Weiss, Ranvier,
blent en effet indiquer que l'écoulement de lymphe e
port avec l'augmentation de pression dans les vaisseau
cialement dans les artères, et quoique les recherches r
Paschutin et Emminghaus contredisent ces résultats, il
difficile de les mettre en doute jusqu'à vérification no
pression sanguine est donc la cause essentielle et de l
tion de la lymphe dans les radicules lymphatiques et
gression de cette lymphe dans les canaux. Mais à c
principale viennent s'ajouter d'autres causes accessoire
en grande partie les mêmes que pour la circulation
telles sont la présence des valvules vasculaires, les con
extérieures, musculaires ou autres, et surtout la respi
effet l'inspiration s'accompagne d'une accélération
culation dans le canal thoracique, accélération qui se t
une diminution dans la colonne manométrique, et l'ex
un effet inverse ; tous les mouvements musculaires qu
exiger l'effort et entraver la circulation veineuse fe
sentir leur contre-coup sur la circulation lymphatique.

La contractilité des vaisseaux lymphatiques paraît
certain rôle dans la circulation de la lymphe. On sai
les amphibies se trouvent des cœurs lymphatiques [1] ;

[1] Chez la grenouille, il en existe quatre, un à la racine
membre.

les animaux qui en sont dépourvus, la contractilité des parois de ces vaisseaux peut en tenir lieu jusqu'à un certain point. Colin a constaté des contractions rhythmiques sur les lymphatiques du mésentère chez le bœuf, et Heller les a vues chez le cabiai; ces contractions peuvent même être excitées par le galvanisme, comme plusieurs physiologistes s'en sont assurés sur l'homme après la décapitation.

Il est probable, en outre, que dans les chylifères la pénétration du chyle dans le chylifère central de la villosité et la circulation du chyle sont favorisées par la contraction des fibres musculaires lisses de ces villosités.

La circulation dans les glandes lymphatiques paraît plus compliquée, et il doit y avoir très-[illegible]ablement dans ces organes un ralentissement du courant ly[illegible]tique favorable à leur fonctionnement.

La *pression* de la lymphe da[illegible] vaisseaux a été étudiée expérimentalement par Noll, Weiss [illegible] quelques autres physiologistes. Leurs recherches ont porté en général sur le tronc lymphatique [illegible] de chiens et de poulains anesthésiés par l'injection d'opium dans les veines. Ils ont trouvé que la pression manométrique variait de 10 à 30 millimètres de hauteur d'une solution saline de poids spécifique de 1,080 Dans le canal thoracique, Weiss obtient en moyenne une press[illegible] le 11^{mm},59 de mercure.

Quant à la *vitesse* du coura[illegible]mpatique, Weiss, en se servant de l'hémodromomètre, l'a trouvée de 4 millimètres en moyenne par seconde.

Bibliographie. — Ludwig : *Lehrbuch der Physiologie*. — Beaunis : *Anatomie générale et Physiologie du système lymphatique*, 1863.

2. — PRODUCTION DE CHALEUR.

Procédés. — Thermométrie. — On peut employer deux sortes d'instruments pour prendre la température des corps vivants, les thermomètres et les appareils thermo-électriques.

1° *Thermomètres.* — Les différents thermomètres usités en physiologie sont décrits dans le chapitre : *Du Laboratoire de physiologie*, et il n'y a rien de particulier à ajouter sur leur mode d'emploi.

2° *Appareils thermo-électriques.* — Les appareils thermo-électriques sont basés sur le développement des courants électriques par l'action de la chaleur. Ils ont sur les thermomètres l'avantage de donner immé[illegible] la température, tandis que les thermomètres deman dent

rature constante (masse d'eau), l'autre enfoncée dan
veut rechercher la température; les deux extrémités
par un fil de même métal, les deux extrémités cuivr
communication avec le galvanomètre; la moindre diff
rature des deux soudures se traduit par une déviatio
galvanomètre; si, par exemple, la soudure placée dan
pérature constante est moins chaude que l'autre, le
galvanomètre, va de la soudure à température consta
peut varier la disposition des aiguilles thermo-électriq
à atteindre. Ainsi on peut les entourer de gutta-perch
la forme de sondes qui pénètrent facilement dans les
dans les vaisseaux, dans le cœur, etc. Au lieu du g
naire, on peut employer les galvanomètres à miroi
Meyerstein, Meissner, etc., pour la description desque
mémoires spéciaux. Avec les aiguilles thermo-électriq
prenant les précautions convenables, arriver à mesur
de température de $^1/_{4000}$e de degré.

Calorimétrie. — La calorimétrie a pour but l'estin
la quantité de chaleur produite par un animal dans
Lavoisier employait le calorimètre à glace, qui se tr
tous les traités de physique. Dulong et Despretz se s
rimètre à eau. L'animal est placé dans une boîte mét
est alimenté par un gazomètre, tandis qu'un tuyau ent
La boîte est plongée dans un espace clos rempli d'ea
est entouré de corps mauvais conducteurs, de façon
que possible, sa température indépendante de celle du
La température de l'animal et celle de l'eau du calori
au début et à la fin de l'expérience. Il peut alors se
cas: 1° Ou bien la température de l'animal est la même
fin de l'expérience; dans ce cas, qui est le plus ra

al a cédée au calorimètre, et pour trouver cette quantité il suffit ltiplier le poids du calorimètre (eau et métal) par sa chaleur spé- et par le nombre de degrés de température que le calorimètre a s à la fin de l'expérience; 2° ou bien, la température de l'animal est nte au début et à la fin. Supposons que la température finale de al soit moins élevée; dans ce cas, il faudra retrancher du nombre tés de chaleur gagnées par le calorimètre le nombre d'unités per- par l'animal; on trouve ce nombre en multipliant le poids de l'ani- par sa chaleur spécifique (qu'o peut évaluer à 0,83) et par le bre de degrés perdus par l'animal pendant l'expérience. Si, au con- , la température finale de l'ani al était plus élevée, il faudrait er les deux quantités au lieu d les retrancher l'une de l'autre. a employé la méthode calorimé ique chez l'homme et a calculé le nombre d'unités de chaleur p luites par l'homme pendant le et pendant le travail musculair

océdés chimiques. — *Calorimé indirecte.* — On peut arriver ectement, d'une autre façon, à trouver la quantité de chaleur pro- par un organisme, et deux méth des différentes peuvent conduire sultat.

Dans la première (Boussingault, Liebig, Dumas, etc.), on prend un l soumis à la ration d'entretien, et on calcule la quantité de car- et d'hydrogène contenue dans ses aliments; on en retranche la ité éliminée par l'urine et par les excréments; la différence la quantité de carbone et d'hydrogène oxydés dans l'organisme, me on connaît la quantité de chaleur produite par la combustion ramme de carbone (8c,080 calories), et d'un gramme d'hydrogène 0 calories), il est facile de trouver la quantité de chaleur pro- par la combustion du carbone et de l'hydrogène consommés. e dans les hydrocarbonés, l'hydrogène et l'oxygène se trouvent ans la proportion de l'eau, *on suppose* que l'eau s'y trouve formée et on ne fait pas entrer l'hydrogène de ces substances e calcul. Le tableau suivant donne le détail de ce calcul (voir 500) :

Ingesta.	Carbone.	Hydrogène.
Albuminoïdes	64gr,18	8gr,60
Graisses	70 ,20	10 ,26
Hydrocarbonés.	146 ,82	»
Total.	281 ,20	18 ,86
Excréments et urine. . .	29 ,8	6 ,3
Reste.	251 ,4	12 ,56

one donnera donc par jour 251,4 × 8,040 = 2031c,312,

l'hydrogène 12,56 × 34,460 = 432c,818, ce qui donne un to[tal de]
2464 calories par jour.

Mais ce calcul est loin d'être exact. En premier lieu, la chale[ur de]
combustion d'une substance n'est pas égale à la chaleur de comb[ustion]
de son carbone et de son hydrogène; elle est en général plus
que la somme des chaleurs de combustion de ses éléments. En se[cond lieu, la]
supposition que l'hydrogène et l'oxygène dans les hydrocarbonés
à l'état d'eau n'est pas justifiée; aussi les chiffres obtenus ains[i sont-]
ils passibles d'erreur.

Aussi vaut-il mieux, au lieu de calculer la quantité des c[alories]
d'après la quantité de carbone et d'hydrogène contenue da[ns les]
ingesta, calculer directement le nombre de calories fournies p[ar les]
ingesta dont on connaît la chaleur de combustion, comme l'ind[ique le]
tableau suivant :

	Calories fournies par la combustion d'un gramme.	Calories fourn[ies] en 24 heur[es].
	—	—
Albuminoïdes	4c,998	599c,76
Hydrocarbonés	3 ,277	1081 ,41
Graisses.	9 ,069	816 ,21
	Total. . . .	2497c,38

Comme les albuminoïdes n'arrivent pas à une combustion c[omplète]
dans l'organisme, il faut diminuer de 4 calories environ le ch[iffre des]
albuminoïdes, ce qui donne un total de 2,493 calories par jour.

2° Le second procédé consiste à calculer la quantité d'[oxygène]
absorbée, et d'acide carbonique produit par la peau et les p[oumons]
(voir page 416); de l'acide carbonique exhalé on déduit la qu[antité de]
carbone brûlé; l'excès d'oxygène non employé à la production d['acide]
carbonique est supposé avoir servi à la formation d'eau et on c[alcule]
la quantité d'hydrogène; on calcule alors la production de la [chaleur]
aux dépens de ce carbone et de cet hydrogène. Le tableau suiva[nt donne]
les calculs de l'opération.

		Carbone.	Oxygène.	H[ydrogène].
		—	—	
Acide carbonique éliminé en 24 heures par la peau et la respiration.	909,75	251,4	658,35	
Oxygène absorbé	744,11	»	»	
Excès d'oxygène employé à former de l'eau.	85,76	»	»	
Hydrogène de l'eau formée . .	10,70	»	»	

Pour le carbone, la quantité de chaleur sera de 251,4 × 8,[08 calo-]
ries = 2031c,312; pour l'hydrogène, elle sera de 10,70 ×

722 calories, ce qui donne un total de 2,400 calories par jour. tte méthode n'est pas non plus à l'abri d'objections, et ne peut nployée avec avantage que chez les herbivores. On suppose en r lieu que l'oxygène absorbé sert à former de l'acide carboni-le l'eau, et que tout le carbone oxydé se retrouve dans l'acide que exhalé. En outre, pour une même quantité d'acide carbo-roduite et d'oxygène absorbée, les quantités de chaleur peuvent s-différentes.

1. — TEMPÉRATURE DU CORPS HUMAIN.

organismes vivants, au point de vue de la température, se it en deux classes : les *animaux à sang chaud*, ou mieux *pérature constante*; les *animaux à sang froid*, ou mieux *ıérature variable*.

nimaux à sang chaud (mammifères, oiseaux) ont une tem-re constante, uniforme, dont la moyenne oscille entre 36° pour les mammifères, 40° et 43° pour les oiseaux, et cette ature constante se maintient, quelle que soit la tempé-du milieu ambiant, du moins dans de certaines limites.

animaux à sang froid (poissons, amphibies, reptiles, etc.) e température propre, qui oscille dans des limites beau-lus étendues et qui suit à peu près les variations de tem-re du milieu ambiant.

id la température extérieure est basse ou peu élevée, leur r propre est un peu plus élevée que la température exté-; ainsi les grenouilles, dans un milieu à 6°, marqueront 7° en marqueront 15°3 à 15°8 dans un milieu à 15°; mais si eu qui les entoure est trop chaud, leur température propre it plus celle du milieu, et elles finissent bientôt par tomber n état soporeux, dès que la chaleur dépasse certaines limi-; même, au-dessous de 4° à 5° elles s'engourdissent peu

empérature moyenne de l'homme est, dans l'aisselle, de 37° 36°6 et 37°4), et les oscillations, à l'état normal, ne dépas-ımais $^{1}/_{2}$ degré. Mais si, au lieu de l'aisselle, on prend les ıtes régions du corps, on arrive à des résultats tout au-ce point de vue, on peut distinguer la surface même ps, les organes et le sang. A la surface du corps, la ature est très-variable, sauf dans les parties protégées,

la température du cœur droit serait plus élev
dixièmes de degré. Körner attribue cette augmen
nage du foie qui transmettrait sa chaleur au sa
parois minces du ventricule droit, mais il est pl
le sang du cœur droit se refroidit un peu à son
vers le poumon. Le sang artériel diminue de ten
sure qu'il s'éloigne du cœur; le sang de la ca
chaud que celui de la crurale (Becquerel); le san
tral d'une artère est plus chaud que le sang du bo
(Cl. Bernard). La température du sang veineux e
tandis que celle du sang des veines superficielle
que celle du sang des artères correspondantes, l
des glandes et des muscles (au moment de leur a
chaud que le sang artériel de ces organes. A pa
chure des veines rénales, le sang veineux est
celui de l'aorte, au même niveau, et la tempéra
dans la veine cave inférieure à mesure qu'on se
cœur; c'est que cette veine reçoit le sang de la v
qui est le plus chaud du corps et dépasse de 1° le
Aussi le sang de la veine cave inférieure a-t-il u
plus élevée que celui de la veine cave supérieur
droite reçoit ainsi deux courants sanguins de ten
rente qui vont se réunir dans le ventricule droit.

2. — PRODUCTION DE CHALEUR DANS L'

[redacted]

ıs chimiques. — L'oxydation ou la combustion est la ıcipale de la production de chaleur. Quand deux atonbinent il se dégage une certaine quantité de chanent dit, il se produit un mouvement oscillatoire des ıdérables et des atomes d'éther, et cette quantité de toujours la même, toutes les fois que la combinaison Ainsi la combinaison de 1 gramme d'hydrogène, et de d'oxygène, pour former de l'eau, dégage toujours la ıtité de chaleur, et pour un corps donné il y a toujours de combustion fixe, c'est-à-dire que la combustion de ıoids (gramme ou kilogramme) de ce corps dégage même nombre de calories. En outre, quand la comu corps est possible de diverses façons, la quantité de ıduite reste la même, quelle que soit la voie des comlle ne dépend que de la constitution primitive du ses produits terminaux. Ainsi, si on brûle un gramme en formant de l'acide carbonique, on a le même calories que celui qu'on obtiendrait par sa combusde de carbone et par la combustion de cet oxyde de acide carbonique.

u suivant donne, d'après Favre, Silbermann et Franknbre d'unités de chaleur dégagées par la combustion ıe des corps suivants :

ances.	Calories.	Substances à l'état sec.	Calories.
—	—	—	—
. . . . .	34c,462	Urée	2c,206
. . . . .	8 ,080	Acide urique.	2 ,615
ique. . . .	5 ,307	Acide hippurique. . . .	5 ,383
ue	8 ,958	Hydrocarbonés.	3 ,277
. . . . .	3 ,505	Albumine.	4 ,998
ue.	5 ,647	Graisse.	9 ,069

ue, pour le même poids, les corps gras dégagent plus que les hydrocarbonés ; mais il n'en est plus de même d à la quantité d'oxygène employé pour la combusct, pour une même quantité d'oxygène consommé, ırbonés (et les acides organiques) dégagent plus de les graisses. Quant aux albuminoïdes, ils en dégagent ıoins, car leur oxydation dans l'organisme étant touplète, il faut retrancher du chiffre de calories qu'ils



ces frottements sont produits en dernière analyse
musculaire, celle du cœur, on peut la ramener e
actions chimiques. Il en est de même des frotte
faces articulaires, des tendons, etc., dans les n
squelette.

2° *Lieux de la production de ch*

Il est bien constaté aujourd'hui que les muscle
principal de la production de chaleur dans l'orga
déjà que le muscle, en se contractant, dégage
(page 277), et cette augmentation de température,
tatée expérimentalement, se retrouve si on consid
pris dans sa totalité. Semblable en cela à une ma
il ne peut produire de travail mécanique qu'en
production de chaleur. La quantité de chaleur
par le mouvement musculaire est si considérabl
se demander si cette action musculaire n'était pas
de chaleur et si, même pendant le repos, la quan
produite n'était pas due à la contraction du cœur
inspirateurs.

Cependant, il est difficile de faire des muscles l
exclusifs de la chaleur animale. Les centres nerv
aussi dégager de la chaleur (*voir* page 292); le
après le foie, l'organe le plus chaud du corps,
sinus a une température plus élevée que celui

ıtée (page 330) ; en tout cas, cette production de chaleur le sang à l'état normal reste toujours dans des limites très-eintes.

s poumons sont-ils le siége d'une production de chaleur? fois, Lavoisier et ses successeurs croyaient que les oxyda- se faisaient dans le poumon même, en même temps que ange gazeux respiratoire, et le poumon était considéré ne le foyer principal de la chaleur animale. Mais aujour- cette théorie ne peut se soutenir. Il est bien vrai qu'il se lans les poumons, au moment de l'acte respiratoire, une inaison de l'oxygène avec l'hémoglobine et, par suite, un gement de chaleur, mais ce dégagement est compensé par rption de chaleur due au passage de l'acide carbonique de de dissolution à l'état gazeux.

résumé, partout où se font des oxydations, il se produit de leur, et à ce point de vue tous les tissus, à l'exception du corné, doivent être le siége d'une production de chaleur ; nent c'est dans les muscles, les centres nerveux et dans les es qu'elle atteint son maximum, et ces organes peuvent considérés comme les véritables foyers de la chaleur ıle.

uantité de chaleur dégagée par l'organisme.

a vu, dans la description des procédés, que l'évaluation de ntité de chaleur produite par un organisme dans un temps présente des difficultés très-grandes, et que ni la calori- , ni les méthodes indirectes ne donnent de résultats abso- t certains. Cependant on peut, en contrôlant les résultats ıs l'un par l'autre, arriver à une approximation suffisante. ıntité de chaleur produite en 24 heures par le corps hu- ɔeut être évaluée à peu près à 2,700 calories en moyenne, i donne 1,87 calorie par minute et 112 calories par

e quantité de chaleur correspond au repos du corps, c'est- à cet état pendant lequel les seuls muscles qui se con- t sont le cœur, les muscles inspirateurs et quelques autres s dont la contraction a beaucoup moins d'importance à ıt de vue. Mais pendant l'exercice musculaire, la produc-

tion de chaleur augmente d'une façon notable. C'est ce montre le tableau suivant, emprunté à Hirn, dans lequel sont en regard la production de chaleur et la consommation d'o gène dans le repos et dans le mouvement. Tous les chiffres calculés pour une heure :

			REPOS.		MOUVEMENT.		
Sexe.	Age.	Poids.	Oxygène absorbé.	Calories.	Oxygène absorbé.	Calories.	Travail kilogr…
M	42 ans.	63k	27gr,7	149	120gr,1	275	22,[illegible]
M	42	85	32 ,8	180	142 ,9	312	34,[illegible]
M	47	73	27 ,0	140	128 ,2	229	32,[illegible]
M	18	52	39 ,1	165	100 ,0	274	22,[illegible]
F	18	62	27 ,0	138	108 ,0	266	21,[illegible]
Moyennes	33,4	67	30 ,72	154,4	119 ,84	271,2	26,[illegible]

Pendant le sommeil la production de chaleur s'abaisse et près Helmholtz, il n'y aurait plus que 36 calories de formé heure pour un homme de 60 kilogr., ce qui donnerait en 40 calories pour un homme de 67 kilogr. Il est facile maint avec ces données, de construire le tableau des calories fo en 24 heures pendant le repos et pendant le mouvement.

	JOURNÉE DE REPOS.		JOURNÉE DE MOUVEMENT.		
	Repos (16 heures).	Sommeil (8 heures).	Repos (8 heures).	Mouvement (8 heures).	So[illegible] (8 h[illegible]
Nombre de calories formées. . .	2470,4 (154,4 × 16)	320 (40 × 8)	1235,2 (154,4 × 8)	2169,6 (271,2 × 8)	[illegible] (40[illegible]
Total. . .	2790,4		3724,8		

4° *Rapport entre la production de chal et la production de travail mécanique.*

Les faits mentionnés dans les paragraphes précédents c sent à ce résultat que la plus grande partie au moins de l leur animale est produite dans les muscles. Il doit donc y et il y a en effet, une relation intime entre la chaleur prod le travail musculaire. La *corrélation des forces* (voir page applicable aux organismes vivants comme aux corps br

deux sont soumis aux lois de l'équivalence de la chaleur ouvement. Le travail mécanique des muscles, évaluable rammètres, peut être aussi évalué en calories, puisqu'il our transformer les calories en kilogrammètres, de les er par 425, pour transformer les kilogrammètres en ca- e les diviser par 425.

très-probable, sans que le fait puisse encore être démon- e façon certaine, que la pr ion de chaleur dans le est la condition de sa contr n, et les expériences de rd, Heidenhain, etc., ont ouvé qu'il se fait dans le ne transformation de chale r en mouvement (page 277). le est donc analogue à une machine à vapeur qui brûle on et produit de la force sous forme de travail r et de chaleur; il brûle au combustible (graisse? carbonés) pour produire orce vive (chaleur et ent); et, de même que da une machine l'usure des la production d'oxyde d fer sont insignifiantes, eu l'oxydation du charbon, l'usure de la substance albumi- ns le muscle n'est qu'accessoire et n'entre que pour une e part dans la production des forces vives.

t maintenant, en nous plaçant à ce point de vue, le rende- a machine humaine en travail mécanique comparativement à é de chaleur produite? Le calcul en est facile en nous ser- chiffres des deux tableaux précédents.

abord, les huit heures de sommeil. Le seul travail mécanique est le travail du cœur et des muscles inspirateurs. Le travail peut être évalué à 70,000 kilogrammètres en 24 heures, celui les inspirateurs à 13,608 kilogrammètres, ce qui donne par tal de 83,608 kilogrammètres, soit 85,000 en nombres ronds, heures 28,333 kilogrammètres, équivalant à 66 calories. Si on e chiffre de 66 calories au nombre de 320 calories formées sommeil (tableau de la page 712), on voit que le cinquième à le la chaleur produite a été transformé en travail mécanique. -on se demander si, pendant le repos, la quantité de chaleur ne provient pas presque exclusivement des muscles qui sont ctifs, comme le cœur et les muscles inspirateurs.

e journée de mouvement, le rapport est à peu près le même. 0 kilogrammètres du cœur et des muscles inspirateurs, il r les 213,344 (26,668 × 8) kilogrammètres produits pendant travail; on a donc, pour les 24 heures, 298,344 kilo- s, qui équivalent à 701 calories, et en comparant ce chiffre

au chiffre total de calories produites, 3724c,8 + 701c = 442
voit que le sixième environ de la chaleur produite s'est transf
en mouvement (1).

Mais il est plus rationnel de comparer la quantité de chaleur
pendant les 8 heures de travail seulement au travail mécanique p
et, dans ce cas, le rapport est encore plus favorable que tout à l'
En effet, pendant ces 8 heures, le travail produit comprend les 2
kilogrammètres de travail mécanique, plus le tiers du travail d
et des muscles inspirateurs, soit 28,333 kilogrammètres. Il y a
pendant ces 8 heures une production de 241,677 kilogrammètr
respondant à 592 calories. D'autre part, le nombre de calories
pendant ces 8 heures a été de 2169c,6 + 592 = 2761c,6. Si on c
ce chiffre de 2761c,6 à 592, on voit que le quart environ de la
produite s'est transformé en travail mécanique et on reconnaît
diatement quel avantage présente, au point de vue du rende
machine animale sur les meilleures machines industrielles.

Une autre conclusion ressort du tableau de Hirn ; si on com
période de mouvement à celle du repos, on voit que la produ
forces vives (chaleur et travail mécanique) ne fait guère que
tandis que la consommation d'oxygène est presque quadruplée
de 30,72 à 119,84).

La quantité de chaleur ainsi produite dans la contraction mu
suffirait pour élever la température du corps humain de 1°,2 pe
repos, de 5° à 6° pendant le mouvement, si des causes, qui ser
diées plus loin, n'intervenaient pour arrêter cette élévation de
rature. Cependant, Davy a observé une augmentation de tem
de 0°,3 à 0°,7 pendant l'exercice musculaire. La privation d
produit l'effet inverse ; si on lie un animal de façon à empê
mouvements, sa température s'abaisse.

3. — RÉPARTITION DE LA CHALEUR DANS L'ORGA

On a vu dans les paragraphes précédents que la produ
chaleur dans l'organisme est loin d'être uniforme, quel
gions, comme les muscles, produisant beaucoup de
quelques autres beaucoup moins, quelques-unes enfin,

(1) Le chiffre 3724c,8 représente le nombre de calories produites
la journée de travail ; mais il faut y ajouter, pour avoir la quantité
chaleur produite, les 701 calories qui se sont transformées en trav
nique pendant les huit heures de travail.

su corné, pas du tout. L'organisme peut donc être comparé ıe masse hétérogène dans laquelle se trouvent disséminés t là un grand nombre de foyers de chaleur d'étendue et tensité variables. Les tissus qui composent cette masse sont, général, mauvais conducteurs du calorique, et l'équilibre ablirait difficilement s'il n'y avait des dispositions particu- s qui facilitent la répartition de la chaleur. C'est le sang joue le rôle de distributeur de répartiteur du calorique s l'organisme; il s'échauffe da s les organes qui produisent ucoup de chaleur, comme les les, les glandes, le cer- u, et va transporter cette ch lans les autres organes il échauffe en se refroidissant. ystème vasculaire repré- le ainsi un véritable appareil à lation d'eau chaude dont muscles et quelques autres o seraient les calorifères. e influence du sang se voit s bien dans certaines par- , comme les oreilles, par exe , qui par elles-mêmes ne duisent à peu près aucune c et dont la température end, toutes choses égales d'ailleurs, de la quantité de sang lles reçoivent.

a température du sang artériel joue donc le rôle principal s cette répartition du calorique, et cette température est assez orme, tandis que celle du sang veineux varie suivant l'or- e que le sang a traversé. On a vu plus haut que deux condi- s essentielles influent sur la température du sang artériel : remier lieu la température même du sang veineux; en se- d lieu la ventilation pulmonaire. Toutes les fois qu'un ou ieurs des foyers de chaleur de l'organisme fonctionneront activement, la température du sang veineux et consécutive- t celle du sang artériel augmenteront proportionnellement; autre côté, la ventilation pulmonaire refroidit le sang à son age à travers le poumon, et comme cette ventilation s'accroît nd s'accroît l'activité musculaire, l'augmentation de tempéra- du sang se trouve en partie compensée par l'augmentation efroidissement pulmonaire.

e ce que le sang perd de la chaleur dans un organe, il ne rait pas en conclure que cet organe est par cela même inca- e de produire de la chaleur; cela prouve simplement que sa uction de chaleur est relativement faible.

ture d'un organe dépendra donc de trois conditions 1° de la quantité de chaleur produite dans l'organe



L'organisme produisant continuellement de no
de chaleur, sa température propre s'élèverait in
partie de cette chaleur ne disparaissait au fur e
perte de chaleur se fait de plusieurs façons. La p
de la chaleur produite se perd par le rayonnem
cutanée; une autre partie est employée à écha
et les aliments et les boissons que nous ingérons
nière partie disparait dans la vaporisation de l
les surfaces pulmonaire et cutanée. Toutes ces
être calculées approximativement.

1° *Échauffement de l'air inspiré.* — Nous inspirons
13 kilogr. d'air à 12° en moyenne, et nous le renvoyo
de 37°; nous avons donc échauffé en 24 heures 13 k
la capacité calorifique de l'air étant 0,26, la quanti
dues par l'organisme sera de 13 × 25 × 0,26 = 84

2° *Échauffement des aliments et des boissons.* — Le
en moyenne de 12°; celle des excréments et des
c'est donc une quantité de 1,900 grammes environ
pacité calorifique = 1 qui ont été échauffées de 25°;
une perte de 1k,900 × 25 = 47 calories.

3° *Évaporation cutanée.* — Cette évaporation est
660 grammes. 1 gramme d'eau, pour passer à l'état
0,582 calorie; pour vaporiser 660 grammes d'eau,
donc 364 unités de chaleur.

4° *Évaporation pulmonaire.* — En l'évaluant à 33
son évaporation représente une perte de 182 calorie

eau suivant résume les différentes causes de la déperdition r et leur valeur absolue ; les chiffres expriment des calories :

. .	2,187	Rayonnement.	1,823	
		Évaporation.	364	546
ons.	266	Évaporation.	182	
		Échauffement de l'air inspiré.	84	
iffement des ingesta			47	

de donner la valeur absolue d ›erte de chaleur en calories, lonner simplement la valeur pour 100. C'est ce que e le tableau suivant qui montr ›nt se répartit une perte lories suivant les divers mode erdition de chaleur :

. . .	87,5	Rayonnement.	73,0	
		Évaporation.	14,5	21,7
ons. .	10,7	Évaporation.	7,2	
		Échauffement de l'air inspiré.	3,5	
iffement des ingesta			1,8	
			100,0.	

it par ces chiffres que près de 90 p. 100 de la chaleur sont éliminés par la peau ; les petits organismes perc beaucoup plus de chaleur que les grands, leur surnée étant plus étendue par rapport à la masse du corps, it compenser cette déperdition par une production de plus intense. Aussi les petits animaux sont-ils en général et plus actifs que les grands.

nditions qui influencent la déperdition de chaleur doicherchées, d'une part dans l'organisme, de l'autre dans extérieur, et pour l'homme principalement dans l'at-e.

é de l'organisme, c'est la peau qui joue le rôle le plus t ; son épiderme (mauvais conducteur) s'oppose plus ou uivant son épaisseur, aux déperditions de calorique par bilité ; ses caractères de sécheresse ou d'humidité ont nce encore plus grande : en effet, plus l'évaporation est a surface, plus la perte de chaleur est considérable.

l en est de même de l'état de ses vaisseaux ; quand ils és et remplis de sang, la peau abandonne au milieu

extérieur beaucoup plus de chaleur que quand ils sont r
et parcourus par une faible quantité de sang.

L'air est mauvais conducteur de la chaleur, mais sa ter
ture et son humidité influencent directement la déperdi
calorique en favorisant ou en contrariant le rayonnem
l'évaporation. Le mouvement et l'agitation de l'air ont sur
ce point de vue, une très-grande importance. Quand les c
d'air qui entourent immédiatement l'organisme se renou
continuellement, la peau perd à chaque instant du caloriq
le rayonnement et par l'évaporation (en admettant, ce qui
d'habitude, que la température de l'air soit inférieure à c
l'organisme), tandis que si on maintient une couche d'air
du corps, comme on le fait par les vêtements, le refroidis
est beaucoup plus lent ; les vêtements agissent alors com
doubles fenêtres d'un appartement.

5. — ÉQUILIBRE ENTRE LA PRODUCTION ET LA DÉPERDI DE LA CHALEUR.

Le maintien d'une température constante est une des
tions de l'activité vitale chez les animaux à sang chaud ; c
qui leur permet de conserver toute leur énergie foncti
quelle que soit la température du milieu ambiant, ou du
tant que cette température ne dépasse pas, en plus ou en
certaines limites, et cette constance paraît surtout favora
manifestations de l'activité nerveuse.

Pour que cet équilibre de température s'établisse, il
toute nécessité que l'organisme perde, en une minute par
ple, autant de chaleur qu'il en produit. Ainsi, si le corps
produit 1,87 calorie par minute, il doit en perdre 1,87 p
sa température moyenne reste constante ; s'il en produ
quilibre s'établira encore si la perte est aussi de 2 calo
minute ; seulement, dans ce cas, la température moyenn
montera.

Deux conditions agissent donc sur cet équilibre de t
ture, les variations dans la production de chaleur, les va
dans la déperdition.

Les variations dans la production de chaleur tiennent
ou moins d'activité des différents foyers de chaleur de

e et en particulier des muscles, c'est-à-dire à l'intensité des
omènes chimiques qui se passent dans les organes; les varia-
dans la déperdition dépendent soit de l'organisme, soit du
u extérieur, et le système nerveux est le lien qui les rattache
nes aux autres et établit entre elles la relation nécessaire;
lui qui est, comme on le verra plus loin, le véritable régu-
r de la chaleur animale, comme le sang en est le distri-
ur.

elles sont maintenant les cau es qui peuvent augmenter ou
nuer la température moyenne lu corps?

La température moyenne aug entera dans les cas suivants:

Par augmentation de la pro uction de chaleur, la déperdi-
ne changeant pas;

Par diminution de la déperdition, la production de chaleur
riant pas;

Par augmentation de la production et diminution de la dé-
ition;

Par augmentation de la production de chaleur et augmenta-
insuffisante de la déperdition;

Par diminution de la déperdition et diminution de la pro-
on de chaleur, si la première l'emporte sur la seconde.

La température moyenne diminuera dans les cas contraires.

voit donc qu'une augmentation de production de chaleur
coïncider :

Avec une augmentation de la température moyenne, si la
rdition de chaleur ne varie pas;

Avec le maintien de la température moyenne, si la déperdi-
augmente;

Avec un abaissement de la température moyenne, si la dé-
tion est très-considérable.

même une augmentation de la déperdition de chaleur peut
ider :

Avec une diminution de la température moyenne, si la pro-
on de chaleur n'augmente pas;

Avec le maintien de la température moyenne, si la produc-
le chaleur augmente;

Avec une augmentation de la température moyenne, si la
ction de chaleur est plus considérable.

exemples feront comprendre comment se fait l'équi-
la température. Si la température augmente, l'acti-

vité du cœur s'accroît et fait passer plus de sang par les c
laires et surtout par les capillaires de la peau, dont les artér
se dilatent ; il en résulte une déperdition plus grande de la
leur par la peau ; en outre, la sueur est sécrétée en abond
et son évaporation amène aussi une perte de calorique ; en m
temps, les respirations ont plus d'ampleur et le sang qui tra
les capillaires des vésicules se refroidit dans les poumons;
la sensation de chaleur que nous éprouvons nous porte à
menter encore la déperdition de chaleur par des vêtemen
gers, bons conducteurs, par des bains, etc. Quand la tempér
baisse, les phénomènes inverses se produisent ; les artè
cutanées se rétrécissent et ne laissent passer par la peau, s
réfrigérante par excellence de l'organisme, que le minim
sang indispensable à son fonctionnement ; le sang reste da
parties plus profondément situées et peu accessibles au r
dissement ; nous diminuons encore la déperdition de la c
par des vêtements mauvais conducteurs, par l'échauffemen
ficiel de l'air qui nous entoure ; enfin, nous augmentons l
duction de chaleur par l'exercice musculaire et par une a
tation abondante riche en hydrocarbonés et en corps gras.

D'après Liebermeister et Hoppe, une soustraction subite de
(comme par une douche froide par exemple) amènerait une aug
tion de température. Si on mouille le pelage d'un chien, on re
une augmentation de température pendant tout le temps de l'é
tion ; si on empêche l'évaporation par une enveloppe de caoutc
n'y a pas d'augmentation de température.

Application d'un enduit imperméable sur la peau. — Qu
recouvre la peau d'un animal d'un enduit imperméable (gélati
nis, etc.), cet animal ne tarde pas à succomber ; chez les lapin
fit, pour que la mort arrive, que l'enduit couvre un sixième se
de la surface cutanée. Les animaux présentent, au bout de q
heures, de la dyspnée ; la respiration et le pouls diminuent
quence ; il survient de la paralysie et des convulsions, et la te
ture (dans le rectum) s'abaisse à 19° ou 20° ; les urines sont
neuses. A l'autopsie, on trouve une congestion de différents or
une dilatation notable des vaisseaux de la peau et du tissu c
sous-cutané.

La cause de la mort n'est pas encore bien expliquée. On l'a
à la rétention de principes volatils nuisibles (*perspirabile re*
qui n'auraient pu être éliminés ; combinaison volatile azotée,
niaque, urée décomposée, etc. On a trouvé sous la peau des

es de l'œdème, et dans la sérosité de cet œdème des cristaux
osphate ammoniaco-magnésien. Cependant l'injection du sang
aux ainsi traités dans les veines d'un autre animal n'a pas
nuisible. La mort n'est pas due non plus aux troubles respira-
, car les symptômes sont différents de ceux de l'asphyxie et les
ges gazeux ne sont pas altérés ; la respiration cutanée continue
et ne peut être mise en cause. Peut-être la paralysie vasculaire
ganes internes (moelle, reins) pourrait-elle être invoquée, mais il
s probable que la cause principa cidents est la déperdition
aleur trop considérable produi dilatation des vaisseaux
s. En effet, le réchauffement ar e l'animal fait disparaître
cidents.

6. — INFLUENCE DE ERVATION.

système nerveux et spécialer le système nerveux vaso-
r est le véritable régulateur la chaleur animale. Seule-
son mode d'action présente encore beaucoup d'obscurités.
fluence des nerfs vaso-moteurs sur la chaleur animale est
trée par un grand nombre d'expériences dont la plus
e et la première en date est la section du grand sympathi-
u cou (Cl. Bernard). Après cette opération, on observe, en
temps qu'une dilatation vasculaire, une augmentation de
rature du côté de la section. La section du filet sympathi-
e la glande sous-maxillaire, celle des nerfs des membres
ontiennent des filets vaso-moteurs), produisent le même
at. L'excitation des nerfs vaso-moteurs, au contraire, est
d'un refroidissement de la partie innervée par ces filets.
section de la moelle est suivie d'un abaissement de tempé-
qui augmente graduellement jusqu'à la mort, abaissement
at plus rapide que la moelle a été coupée plus haut (Cl.
rd, Schiff, Brodie). Il est probable que cet abaissement est
a section des filets vaso-moteurs contenus dans la moelle,
latation consécutive des vaisseaux cutanés et à la déperdi-
e calorique qui en résulte, car si on empêche cette déper-
en plaçant l'animal dans une enceinte chauffée, il y a au
re augmentation de température. (Billroth, Weber.)
citation des nerfs sensitifs amène en général un abaisse-
re (Mantegazza, Heidenhain). Tantôt cet abais-
sentir que localement (nerf auriculaire, nerf

sciatique), et s'explique par un rétrécissement réflexe d
seaux ; tantôt l'abaissement porte sur la température
de l'organisme (comme dans la douleur) et est plus d
interpréter.

On voit, par ces données expérimentales, que le syst
veux agit surtout par l'intermédiaire des nerfs vaso-mo
la répartition et sur la déperdition de chaleur. Agit-il di
sur la production de chaleur ? Cl. Bernard croit à un ef
fique distinct de la circulation ; pour lui le grand sym
est à la fois un nerf vaso-moteur, constricteur des va
un nerf frigorifique, et ces deux actions seraient indé
l'une de l'autre ; si on sectionne le sympathique au
avoir lié les veines de l'oreille pour interrompre la c
l'augmentation de température ne s'en montre pas
nerfs vaso-moteurs, comme la corde du tympan, au
action opposée à celle des nerfs constricteurs et seraien
calorifiques ; en un mot, suivant l'expression de Cl
l'organisme vivant pourrait *faire sur place du chaud*
à l'aide de son système nerveux. Les idées de Cl. B
sont pas adoptées par la plupart des physiologistes.

Y a-t-il maintenant dans la moelle ou dans l'enc
dehors des centres vaso-moteurs proprement dits, c
spéciaux régulateurs, chargés de maintenir l'équilib
production et la déperdition de chaleur ? La question
lement à peu près insoluble. Quelques auteurs (Nauny
ont bien admis dans le cerveau des centres d'arrêt
raient des fibres modératrices ralentissant ou enraya
cessus thermiques, mais les expériences sont encore t
plètes pour qu'on puisse en tirer des conclusions préc

7. — DES VARIATIONS DANS LA TEMPÉRATURE

1° Variations suivant les divers états de l'org

a) *Age*. — Les différences de température dues à l'â
gnent pas 1°. Après la naissance, la température du n
est de 37°,75 dans le rectum ; elle baisse dans les
heures et tombe à 37° ; puis, dans les dix jours suivan
monte à 37°,2 — 37°,6 et reste à ce niveau jusqu'à la
partir de ce moment, elle s'abaisse de nouveau jusqu'à

ima, l'une le matin, l'autre dans l'après-midi. L'abais-
: température dans l'inanition a déjà été indiqué page
| *Exercice musculaire.* — D'après J. Davy, la tempéra-
enne du corps monte un peu, de 1° environ (sous la
endant l'exercice musculaire, surtout dans les climats
en serait de même dans le *travail de tête*, seulement
ation serait moins prononcée. Le *sommeil* n'a aucune
sur la température du corps. — *c*) La *menstruation*
sesse (sauf dans les deux derniers mois) n'augmentent
ipérature.

IATIONS PAR CAUSES EXTÉRIEURES. — *a*) *Variations*
res. — Le maximum de température s'observe de 11
l heure de l'après-midi, le minimum, dans la nuit, vers
: et demie du matin. — *b*) *Température.* — La tempé-
s milieux extérieurs (air, eau, bains, applications froi-
iaudes), celle des boissons ingérées, ont une influence
quée sur la température du cor[illegible]. tant par leur action
que par leur action sur le systé[illegible] nerveux; cette in-
st par conséquent assez comple[illegible], et pour s'en rendre
l est nécessaire de l'analyser d'après les données indi-
is haut. Mais cette question est plutôt du ressort de
. — *c*) *Climat.* — En été, la température du corps est
lus élevée qu'en hiver (de 0°,1 à 0°,2). J. Davy, dans le
climat tempéré (différence de
[illegible] température. Brown-Séquard
[illegible]

t. XXXIV.) — WURTZ : *De la Production de chaleur dans les êtres orga*
— HELMHOLTZ : *Ueber die Wärmeentwickelung*, 1848. — J. GAVARRET :
médicale, 1855, et : *les Phénomènes physiques de la vie*, 1859. — A. HIR
ches sur l'équivalent mécanique de la chaleur, 1858. — HEIDENHAIN : *M*
Leistung, Wärmeentwickelung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit
BERTHELOT : *Sur la Chaleur animale*. (Journal de l'Anatomie, 1865.) —
De la Théorie dynamique de la chaleur dans les sciences biologiques, 186
Die medizinische Physik, 1866. — DUPUY : *De la Chaleur et du Mouve*
culaire, 1867. — WUNDERLICH : *De la Température du corps dans les*
2e éd., trad. par LABADIE-LAGRAVE, 1872. — CL. BERNARD : *la Chaleu*
(Revue scientifique, 1872.)

3. — PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ. ÉLECTRICITÉ ANIMAL

Procédés de démonstration des courants musculaires veux. — 1° *Galvanomètre*. — L'appareil est disposé de la f

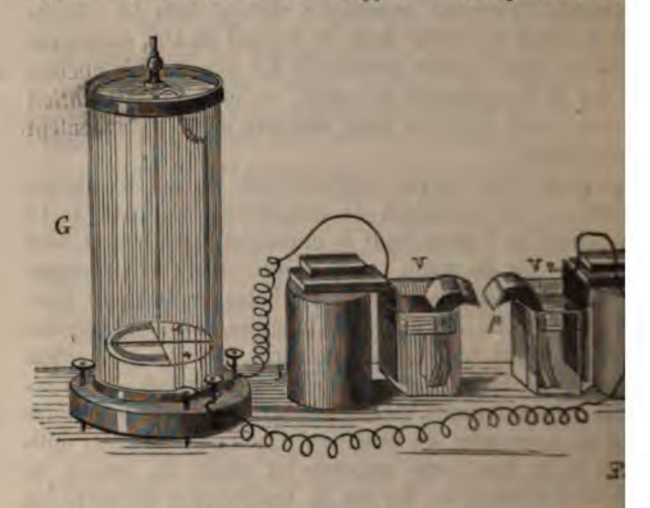


Fig. 172. — Appareil de Du Bois-Reymond pour démontrer les courants nerveux et

vante (*fig.* 172). Deux vases en verre, V, V, contiennent une so sulfate de zinc ; dans ces vases plongent : 1° d'une part, des zinc, *z*, portées par des supports isolants, *s*, et reliées par des les deux bornes d'un galvanomètre, G ; 2° d'autre part, des c de papier à filtrer, *p*, sur lesquels on place le muscle ou le ne périence, comme dans les figures 173 et 174, p. 725. Le co traverse le muscle ou le nerf de *a* en *b*, courant indiqué par tion de la flèche, traverse le circuit du galvanomètre et pr déviation de l'aiguille, dont le sens indique la direction du

Reymond). On peut, au lieu du galvanomètre ordinaire, em-
galvanomètre à miroir.



– Muscle à surface naturelle
é sur les coussinets.



Fig. 174. — Muscle à surface artificielle placé sur les coussinets.

te galvanoscopique (*fig.* 175). — On donne ce nom à une
grenouille détachée du corps laquelle on laisse adhérente
ande longueur possible de f sciatique, *n*. On peut rem-
patte galvanoscopique par le gastrocnémien de la grenouille,



Fig. 175. — Patte galvanoscopique.

ant aussi le sciatique. Pour démontrer le courant nerveux,
la disposition suivante. Le nerf de la patte galvanosco-
placé sur deux coussinets de papier à filtrer imbibés de
le sodium et supportés eux-mêmes par une lame de verre
insi que la patte galvanoscopique. Un des coussinets répond
ce de section du nerf ou à sa coupe transversale, l'autre à
longitudinale. Si maintenant on réunit les deux coussinets
isième coussinet, qui sert de conducteur entre les deux pre-
'établit un courant dans le circuit fermé, constitué par les
sinets et par le nerf, et l'établissement de ce courant déter-
excitation de nerf et une contraction du muscle; le même
oduit à la rupture du courant quand on enlève le troisième
qui fermait le circuit. Il suffit quelquefois de croiser les
de deux pattes galvanoscopiques, de façon à ce qu'ils se tou-
deux points, pour que la contraction se produise, ou même
tomber un nerf sur l'autre. Un seul nerf replié sur lui-même
r aussi une contraction. Ces mêmes dispositions s'emploient
ntrer le courant musculaire. (*Contraction non métallique.*)
té chimique. — Dans l'appareil de Du Bois-Reymond, on

peut remplacer le galvanomètre par une solution d'iodure d
sium et d'amidon; l'iode est mis en liberté à l'électrode positif
l'amidon.

1° *Courant musculaire et nerveux.*

Si, comme dans la figure 174, on place sur les cous
l'appareil de Du Bois-Reymond un fragment de muscle (a
de façon que la section transversale corresponde à un d
sinets et sa surface à l'autre coussinet, la déviation de
du galvanomètre indique l'existence d'un courant, qui
muscle, va de la coupe transversale à la surface et, dan
ducteur galvanométrique, de la surface à la coupe. L
du muscle est électrisée positivement, la coupe néga
(*fig.* 176). Au lieu de prendre la coupe transversale d'un
on peut prendre le tendon du muscle qui constitue ce qu'on appelle la *surface transversale naturelle,* comme dans la figure 173, et qui est électrisé négativement. Au lieu de la surface du muscle, on peut prendre une section du muscle *parallèle* aux fibres musculaires, ou ce qu'on appelle encore la *surface longitudinale artificielle,* et qui est électrisée positivement. Chaque muscle ou fragment de muscle
constitue donc un véritable couple électro-moteur, et
ciant des tronçons de muscles de grenouilles à la façon
ments d'une pile à colonnes, on a pu construire de
piles musculaires.

Fig. 174. — Direc
rant muscu

Les nerfs sont le siége de courants semblables qui
tinguent des courants musculaires que parce qu'ils
faibles.

Ce sont ces courants musculaires et nerveux qui fo
leur réunion ce que Nobili (1825) appelait le *courant*
la grenouille. Dans la grenouille ce courant va de la
des extrémités vers le tronc; dans le tronc il va de l'an
tête. Chez les mammifères, sa direction est inverse;
membres amputés et dépouillés de la peau montrent u
rant qui va du tronc à la périphérie.

ourants persistent encore quelque temps, quoique plus
après la perte d'excitabilité des nerfs et des muscles.

is du courant musculaire, démontrées en 1840 par Matteucci,
léterminées par Du Bois-Reymond, ainsi que celles du courant
. Du Bois-Reymond montra que la déviation de l'aiguille du
nètre varie suivant les points du cylindre nerveux ou muscu-
on réunit par un conducteur. Il distingue les cas suivants, dont
177 donne la représentation schématique.

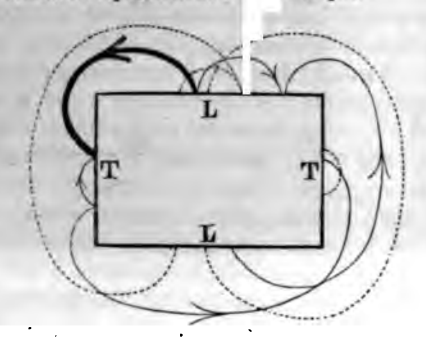


Fig. 177. — Force et direction des courants.

a une *forte déviation* de l'aiguille quand le conducteur réunit
e longitudinale à la surface transversale (ligne épaisse), et le
n de déviation est obtenu quand le milieu de la surface lon-
e (équateur) est réuni au milieu de la surface transversale.
léviation est faible (lignes fines) quand on réunit deux points
ent distants du milieu de la surface (longitudinale ou trans-
ou deux points inégalement distants de deux surfaces oppo-
ır les surfaces longitudinales, le courant marche dans le con-
du point le plus rapproché du centre au point le plus éloigné;
verse pour les surfaces transversales.
léviation est nulle (lignes pointillées) quand on réunit deux
une même surface ou de deux surfaces opposées également
du centre (points symétriques), ou encore les centres des deux
opposées.
re 178 (page 728) représente schématiquement l'intensité des cou-
s le cylindre nerveux ou musculaire (N), dont SL est la surface
nale, STr la surface transversale. La direction des flèches indi-
éviation des courants. Les courbes F indiquent la force du
qui passe dans un conducteur de tension constante pour les
s positions qu'on lui donne sur l'une quelconque des deux

surfaces. Les points *a, b, c, d,* pris sur une des surfaces, considé
comme ligne des abscisses, indiquent le milieu de l'espace com

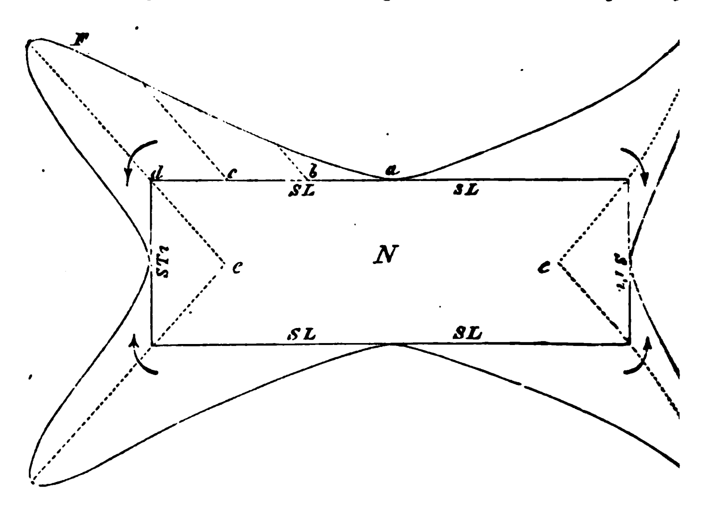


Fig. 178. — Schéma de l'intensité des courants dans le liquide nerveux.

entre les deux points d'application du conducteur, et les ordon
abaissées sur ces points représentent l'intensité du courant qui tra
le conducteur. On voit qu'en *a*, le courant = 0, et que le courant
à son maximum (ordonnée *ed*) quand les deux extrémités du
ducteur sont situées, l'une sur la surface longitudinale, l'autre s
surface transversale.

Il arrive souvent que la partie tendineuse du muscle, au lieu d
électrisée négativement, soit positive; c'est ce que Du Bois-Rey
a appelé *partie parélectronomique* du muscle.

Courants d'inclinaison. — *Rhombe musculaire.* — Si la coup
muscle, au lieu d'être exactement perpendiculaire à la surface lon
dinale, est oblique, les courants ne présentent plus la même dispo
le point le plus négatif de la coupe, au lieu de correspondre au c
de la coupe, se rapproche de l'angle aigu; le point le plus positif
surface longitudinale au contraire se rapproche de l'angle obtus.

La fatigue diminue la force du courant musculaire.

Les caractères du courant nerveux sont les mêmes que ceux du
rant musculaire.

Pour l'influence de l'électrotonus sur le courant nerveux, vo
tion de l'électricité sur l'organisme.

Les autres parties de l'organisme sont aussi le siège de co

ues; E. Becquerel les a constatés dans les os, les tendons, les
ıx, etc. La surface externe de la peau (grenouille) est électrisée
ement, la surface interne positivement.

2° *Variation négative.*

ıerfs et les muscles à l'état ... tivité présentent un chan-
remarquable de leur état él... rique. Si on place, comme
ppareil de la figure 172, un... portion de nerf ou de mus-
s le circuit galvanométrique, la déviation de l'aiguille in-
existence du courant normal. Si alors on excite le nerf ou
le en dehors du circuit galvanométrique, de façon à téta-
muscle, l'aiguille revient su... ses pas et peut même (pour
s seulement) dépasser le zéro et indiquer un renversement
ant (*variation négative*). A... si, dans la patte d'une gre-
on a un courant descendant au moment de la contrac-
lieu du courant ascendant ordinaire. Cette variation
peut agir comme excitant sur le nerf d'un autre muscle,
cela il n'y a pas même besoin de tétaniser le muscle, il
ıne seule contraction ; si on place le nerf de la patte gal-
pique sur le nerf du muscle qui se contracte, de façon
es points du premier nerf corresponde à la coupe et un
int à la surface du second nerf, chaque contraction mus-
s'accompagne d'une contraction de la patte galvanosco-
ontraction secondaire). Si au lieu d'y produire une seule
ion, on tétanise le muscle et qu'on place sur ce muscle
t surface longitudinale) deux points du nerf de la patte
scopique, les muscles de cette patte entrent aussi en téta-
mos induit ou secondaire de Matteuci).
variation négative peut être aussi constatée chez l'homme.
rme le circuit galvanométrique par un vase rempli d'eau
plonge dans le liquide un doigt de chaque main, l'ai-
u galvanomètre n'indique aucun courant, les courants
ıns chaque bras du tronc vers le doigt se détruisant réci-
ıent ; si alors on contracte les muscles d'un bras, l'ai-
dévie et indique un courant qui va dans ce bras du
s l'épaule. (Du Bois-Reymond.)
ion négative se produit d'abord au point excité du
ons elle précède la contraction, et sa durée totale est d'en-

l'œil.

3° *Théories des courants musculaire*

La théorie des phénomènes électriques qui se
les nerfs et dans les muscles, soit à l'état de re
d'activité, laisse encore beaucoup à désirer, et je
de donner une idée générale des principales opin
ce sujet sans entrer dans la discussion de ces opi

1° *Théories chimiques.* — Liebig émit un des prem
courant musculaire était dû à la réaction différente d
du tissu musculaire (acide), et cette idée de l'origine c
rants électriques a été soutenue et généralisée par d'au
Ranke, en particulier, a cherché, en se basant sur la fa
ments anatomiques se comportent avec le carminate
déterminer la réaction de ces éléments; il a vu que
lules était acide par rapport au contenu cellulaire,
même de la fibre-axe du nerf par rapport à la moell
substance intermédiaire du muscle, par rapport aux *sa*
il considère tous ces éléments anatomiques comme de
tro-motrices et l'origine incessante de courants élec
dans l'intérieur de l'organisme. Mais c'est surtout
dans ses remarquables recherches sur les *phénomè*
laires, a, grâce à ses observations et à ses expérie
fait entrer dans une voie nouvelle l'étude des phéno
dans les organismes vivants. E. Becquerel a démontré
circuits électro-chimiques peuvent exister dans

'te comme acide, est le pôle négatif, la paroi opposée le pôle po-
s parois des espaces capillaires se comportent comme des con-
's solides. Il existe donc dans le corps un nombre incalculable
les électro-capillaires qui donnent naissance incessamm à des
s électriques qui ne disparaissent qu'après la mort. Ce tions
es expliquent non-seulement les courants musculaire ner-
eux des os (découverts par E. Becquerel), etc., mais e e les
ènes intimes qui se passent dans les capillaires et dan s tis-
si, dans les capillaires des tis e de la paroi capillaire
act avec le sang est le pôle né e en contact avec le
tissus, le pôle positif d'un cou e, par l'effet du cou-
ctro-capillaire agissant comm ique, est déposé sur
xterne positive en dehors de ; le gaz acide carbo-
roduit dans les tissus rentre da illaires par l'action du
agissant comme force mécani rd des composés élec-
ifs dissous. Dans les capillaire ions, l'inverse a lieu;
e se trouve, en effet, non en s capillaires, mais en
et l'électricité des parois capil gé de signe, de façon
t l'oxygène qui entre dans les s et l'acide carbonique
st expulsé.

éorie de Du Bois-Reymond. — Si l'on prend un cylindre de
miné par deux surfaces de cuivre et qu'on le plonge dans l'eau
conducteur), il se forme une infinité de courants isolés qui
l'eau du zinc au cuivre et dont on peut dériver une partie en
nt une des extrémités d'un conducteur sur le zinc, l'autre
uivre ; on voit alors, si on interpose un galvanomètre dans le
eur, que la surface du zinc est électrisée positivement, celle du
égativement, et on a une disposition analogue à celle du cylin-
sculaire. Du Bois-Reymond suppose que chaque fibre muscu-
u nerveuse) se compose d'une infinité de petits éléments
moteurs, analogues au cylindre zinc-cuivre précédent, c'est-à-
nt une zone *équatoriale* positive et deux zones *polaires* néga-
plongés dans une substance intermédiaire conductrice. La
ces éléments électro-moteurs dans une fibre musculaire peut
e représentée schématiquement de la façon suivante :



pports ne changent pas si on suppose chacun de ces éléments
noteurs divisé en deux molécules dipolaires dont les pôles
eraient tournés l'un vers l'autre, et qui offriraient alors l'ar-
t suivant :

— + + —   — + + —   — + + —

La figure 179 peut représenter dans ce cas la disposition des
cules dipolaires dans le muscle; les flèches indiquent la directi



Fig. 179. — Disposition des molécules dipolaires dans le muscle.

courants dans la substance intermédiaire conductrice. On voit aus
quand on dérive un courant en plaçant les deux extrémités d'u
ducteur sur le muscle ou sur le nerf, le courant ainsi détourné
présente qu'une petite partie des courants totaux développés
l'ensemble du système, et que par conséquent le courant mus
est beaucoup plus intense que ne l'indique la déviation de l'a
galvanométrique.

3° *Théorie d'Hermann.* — Hermann nie absolument l'existen
courants musculaires et nerveux à l'état de repos; ces couran
près lui, n'existeraient pas chez l'animal intact, et seraient du
causes chimiques dépendant du mode de préparation.

Voir aussi : *Action de l'électricité sur l'organisme.*

Bibliographie. — MATTEUCCI : *Traité des phénomènes électro-physiolog animaux*, 1844. — E. DU BOIS-REYMOND : *Untersuchungen über thierische citât*, 1848-1849. — CHAUVEAU : *Théorie des effets physiologiques prod l'électricité.* (Journal de physiologie, 1859-1860.) — L. HERMANN : *Wei suchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven*, 1867. — ONIMUS : *Ph mènes électro-capillaires*; résumé des expériences de M. BECQUEREL. (Jo l'Anatomie, 1870.) — Voir aussi les Traités de physique médicale.

ARTICLE TROISIÈME. — PHYSIOLOGIE DE L'INNERVA

1. — PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS.

1° AUDITION.

La sensation auditive est une sensation spéciale qui rec
pour cause une excitation des nerfs auditifs par la vibrati
corps sonores. L'étude des vibrations sonores et de leur
mission a été faite au début du chapitre de la Physiologie
voix ; nous aurons donc à étudier : 1° la transmission des
tions sonores depuis les parties extérieures de l'oreille ju
nerf auditif; 2° la sensation auditive proprement dite.

— TRANSMISSION DES VIBRATIONS SONORES JUSQU'AU NERF AUDITIF.

int de vue physiologique, l'appareil auditif peut être re- schématiquement de la façon suivante (*fig.* 180). En l'extérieur à l'intérieur, on trouve les parties suivantes :

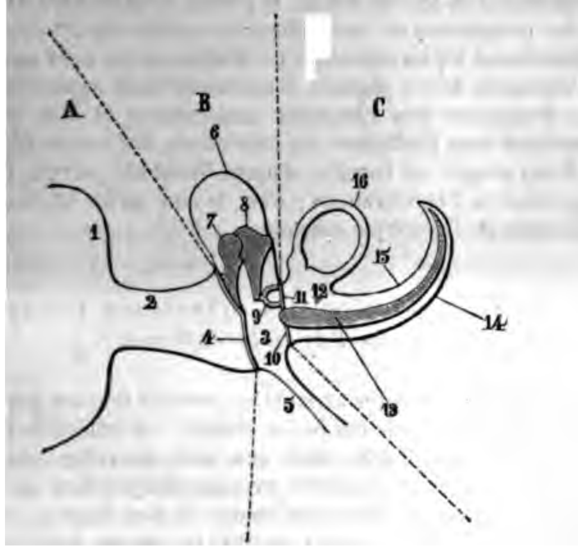


Fig. 180. — Schéma de l'appareil auditif.

lle externe (A) formée par le *pavillon de l'oreille* (1) et *it auditif externe* (2); 2° l'*oreille moyenne* (B) consti- une cavité remplie d'air, *caisse du tympan* (3), commu- avec l'air extérieur par la *trompe d'Eustache* (5) et d'une cavité accessoire, *cellules mastoïdiennes* (6) ; la tympan est séparée du conduit auditif par une mem- *membrane du tympan* (4), et des cavités de l'oreille

— A, oreille externe. — B, oreille moyenne. — C, oreille interne. — 1, pavillon — 2, conduit auditif externe. — 3, caisse du tympan. — 4, membrane du tympan. d'Eustache. — 6, cellules mastoïdiennes. — 7, marteau. — 8, enclume. — 10, fenêtre ronde. — 11, fenêtre ovale. — 12, vestibule. — 13, limaçon. — mpanique. — 15, rampe vestibulaire. — 16, canal demi-circulaire.



L'ensemble de ces organes constitue un petit
tible d'éprouver des vibrations moléculaires e
d'ensemble sous l'influence des oscillations des c

Le *son propre* de l'oreille, d'après Helmholtz,
respondant à 244 vibrations; c'est le son qu'o
percussion de l'apophyse mastoïde.

1° *Transmission des vibrations dans l'oreille externe.*

Les vibrations sonores arrivent en premier lie
l'oreille. Une partie de ces ondes sonores est re
térieur; une autre partie subit une série de r
dirigent vers le conduit auditif; presque toutes c
dans la conque sont réfléchies contre la face i
et renvoyées dans le conduit auditif; la conque
miroir concave qui concentrerait les ondes sono
même de la conque et du pavillon fait que, sui
une partie plus ou moins considérable des ond
tre dans le conduit auditif, ce qui nous permet
tensité et de la direction du son. L'agrandissem
par la contraction des muscles du tragus et de
entrer dans le conduit auditif une plus grande
sonores; son rétrécissement par les muscles d
l'effet inverse. Les replis du pavillon peuvent

[redacted]

en laissant libre l'orifice externe du conduit auditif, l'inten-
des sons est affaiblie et il devient plus difficile de juger de
direction. (Schneider.)

ur que les ondes sonores puissent pénétrer *par réflexion*
e dans le conduit auditif externe, il faut que le corps
nt ou la surface réfléchissante quelconque qui renvoie ses
tions à l'oreille, soient situés dans une certaine position par
rt au pavillon. C'est ce que fait comprendre la figure 181 qui

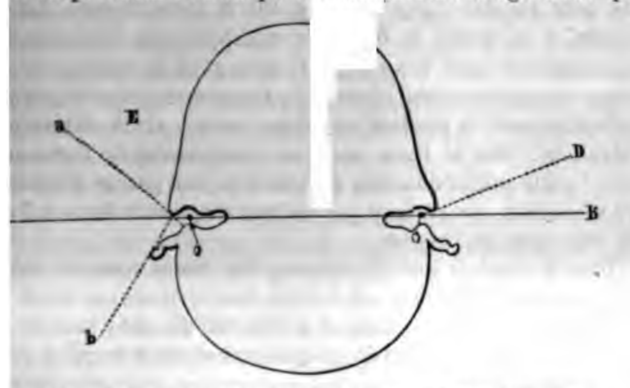


Fig. 181. — Coupe horizontale de la tête au niveau du conduit auditif externe.

ente schématiquement une coupe horizontale de la tête au
de l'oreille externe.

voit, par exemple, que les vibrations parties d'un corps
en E ne pourront arriver dans le conduit auditif, à moins
es vibrations ne soient réfléchies d'abord par une autre
e dans une direction donnée. Si nous représentons par les
a et *b* les *rayons sonores* extrêmes qui puissent pénétrer
le conduit auditif, l'angle intercepté par ces lignes pourra
ppelé *champ auditif*, par comparaison avec le champ vi-
Cet angle variera évidemment suivant que la coupe de l'o-
externe sera verticale ou transversale, suivant que la coupe
ntale sera faite à telle ou telle hauteur; le champ auditif
a en outre suivant les différences individuelles. L'ensemble
yons sonores susceptibles de pénétrer ainsi par réflexion
e conduit auditif formera donc un *faisceau sonore* dont la
déterminée par la forme même de la conque et du
ument comme la pupille détermine la forme du fais-

ceau lumineux qui pénètre dans l'œil. Parmi ces rayons sonores, il en est qui arrivent jusqu'à la membrane du tympan sans éprouver de réflexion préalable [1]. Si on mène (*fig.* 181, p. 73[illegible]), par les centres O des orifices des deux conduits auditifs, une ligne AB, on a ce qu'on peut appeler l'*axe auditif*; les rayons sonores qui suivent cet axe auditif arrivent directement jusqu'au tympan. Les lignes extrêmes du faisceau sonore, *a*, *b*, coupent cet axe auditif en dehors du point O et à des distances variables. On peut appeler *ligne auditive* DO la ligne menée du corps sonore D au centre O, et *angle auditif* l'angle DOB que fait la ligne auditive avec l'axe auditif. On a ainsi un moyen de déterminer rigoureusement, dans les expériences physiologiques ou pathologiques, la position du corps sonore et la direction des vibrations. Plus la ligne auditive se rapproche de l'axe auditif, plus l'angle auditif diminue, plus les sons sont perçus avec netteté, les vibrations ne perdant pas de leur amplitude dans une série de réflexions successives.

Dans le *conduit auditif externe*, les ondes sonores subissent une série de réflexions qui les conduisent jusqu'au fond sur la membrane du tympan. Grâce à l'obliquité de cette membrane et à sa courbure, la plupart de ces ondes viennent la frapper presque perpendiculairement.

Une partie des ondes sonores qui arrivent au fond du conduit auditif sont réfléchies par la membrane du tympan et renvoyées à l'extérieur; cette réflexion est d'autant plus forte que la membrane est plus tendue et plus oblique.

2° *Transmission des vibrations sonores dans l'oreille moyenne.*

L'oreille moyenne est constituée essentiellement par une cavité dont les parois sont invariables, à l'exception de la membrane du tympan, de la membrane de la fenêtre ronde et de l'appareil qui obture la fenêtre ovale. Cette cavité communique avec l'extérieur par la trompe d'Eustache, dont la partie cartilagineuse, habituellement fermée, forme une espèce de soupape qui p[illegible]

---

[1] D'après certains auteurs, tous les rayons subiraient au moins une réflexion préalable avant de pénétrer jusqu'au tympan.

vrir, tantôt de dehors en dedans pour laisser passer l'air
rieur dans la caisse, tantôt de dedans en dehors quand la
sion de l'air augmente dans la caisse. Chaque mouvement
églutition (et il s'en produit à chaque instant pour avaler la
e) ouvre la trompe et maintient l'air de la caisse en équilibre
ression avec l'air extérieur; la tension de la membrane du
an reste par suite indépendante des variations de la pression
sphérique, à moins que ces variations ne se fassent trop
uement ou dans des limites [illegible] étendues (cloche à plon-
ascensions aérostatiques). Q[illegible] la trompe d'Eustache s'o-
e, l'audition se trouble et s'a[illegible]lit (1).

membrane du tympan est s[illegible]ceptible de vibrer sous l'in-
e des vibrations de l'air du [illegible]duit auditif. L'existence de
brations a été démontrée ex[illegible] mentalement; Politzer a pu
istrer directement les vibrati[illegible] de la *columelle* (os tympa-
) du canard. Ces vibrations s[illegible] produisent pour tous les sons
ris dans l'intervalle des sons perceptibles, et le tympan s'é-
sous ce rapport des membranes ordinaires qui n'entrent en
ion que pour un son déterminé d'accord avec leur son
e ou un multiple de ce son. D'une manière générale, elle
plus facilement en vibration pour les sons aigus que pour
ns graves; mais ce qui joue sous ce rapport le rôle le plus
tant, ce sont : 1° la disposition anatomique; 2° les diffé-
s de tension de cette membrane.

membrane du tympan est non-seulement fixée au cercle
nique, mais elle adhère au manche du marteau dont elle
s mouvements; il y a là une disposition anatomique qui,
gmentant les obstacles, affaiblit les vibrations par influence,
tivement d'autant plus que ces vibrations se rapprochent
brations propres de la membrane. Il en est de même pour
rations consécutives qui, sans cela, prolongeraient le son.
tension de la membrane du tympan peut varier par deux
de causes : 1° par les différences de pression de l'air de
se et de l'air extérieur; cette cause n'agit qu'accidentelle-
expirations forcées, etc.,) ou à l'état pathologique; 2° par
n musculaire; c'est le *muscle du marteau* qui est le *tenseur*
pan; par sa contraction il tire en dedans le manche du

---

[1] sé, sans preuves suffisantes, que la trompe servait surtout
ropre voix.

marteau et tend la membrane qui suit le mouvement de l'
contraction du muscle du marteau est volontaire chez qu
individus, mais habituellement elle est inconsciente et ré
moins qu'elle ne s'associe à une contraction énergique de
cles masticateurs, dont elle constitue un phénomène acc
Cette contraction s'accompagne d'une crépitation de cau
teuse ([1]). Quand la contraction du muscle du marteau c
diminue, la membrane revient à sa position d'équilibre
élasticité propre et par celle de la chaîne des osselets.
du muscle de l'étrier est trop hypothétique pour y insiste

Les variations de tension de la membrane du tympan
de deux façons : 1° elles font varier le son propre de la me
de façon que celle-ci entre plus facilement en vibration
son d'une hauteur donnée; elle se tend dans les sons a
détend dans les sons graves; 2° cette membrane agit
étouffoir ou comme *sourdine*. A mesure que sa tension au
elle affaiblit l'intensité des vibrations, surtout pour les son

Transmission des vibrations de la membrane du
au labyrinthe. — Les vibrations du tympan se tran
d'une part à l'air de la caisse, de l'autre aux osselets de
par ces deux voies au liquide du labyrinthe.

a) La *transmission par l'air de la caisse* est incon
mais c'est la voie la moins importante. L'air de la cai
en vibrations, et ces vibrations se transmettent à la m
de la fenêtre ronde et par elle au limaçon.

b) La *transmission par la chaîne des osselets* est de b
la plus importante. Ces osselets, qui forment de la mem
tympan à la fenêtre ovale une chaîne continue, articul
gulaire, vibrent comme un tout à cause de la petitesse d
et ces vibrations, comme celles du tympan, ne peuvent
transversales. Les inflexions de cette chaîne des osse
articulations, le passage subit des parties dures à de
molles, la gaîne muqueuse qui enveloppe les osselets, so
de conditions anatomiques qui doivent diminuer la f

([1]) On a attribué cette crépitation à la tension brusque du tym
cette tension, qu'on peut produire facilement en se bouchant le
faisant une forte expiration (recherche de Valsalva), détermin
sourd bien différent de cette crépitation. Elle paraît plutôt due
ture subite de la trompe d'Eustache par la contraction simultané
staphylin externe.

smission des vibrations dans l'intérieur de la chaîne des
lets, sans entraver leur vibration totale. En outre, ces osse-
ont une certaine mobilité les uns sur les autres, et, comme
r le tympan, l'action musculaire peut augmenter ou diminuer
nsion et la rigidité de ce petit système vibrant.

s vibrations de la membrane du tympan se transmettent au
che du marteau et par cet os aux autres osselets de la façon

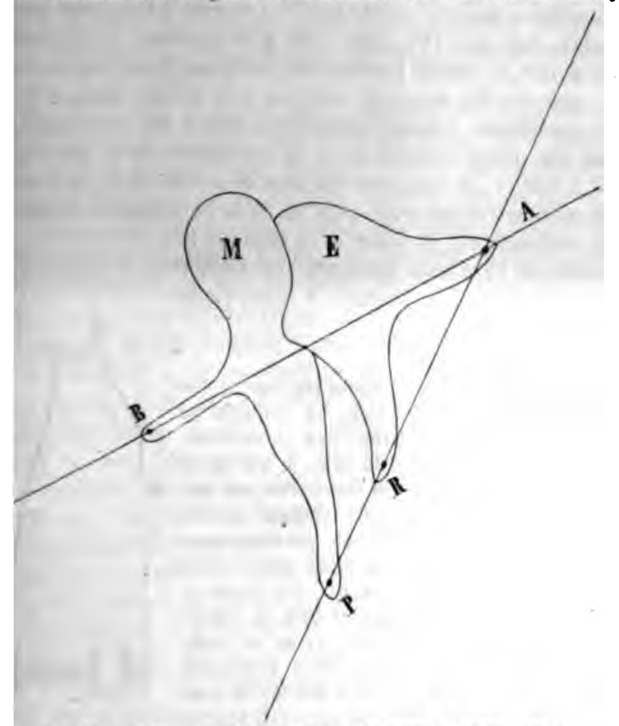


Fig. 182. — Mouvements du marteau et de l'enclume. (Voir page 740.)

te : toutes les fois que le manche du marteau se porte en
s, la branche de l'enclume en fait autant et pousse l'étrier
a fenêtre ovale; donc, à chaque mouvement en dedans du
n correspond un véritable coup de piston de l'étrier qui
sur le liquide du vestibule, et chaque oscillation de la

I, marteau. — E, enclume. — A, courte branche de l'enclume. — R, longue
...nclume. — P, manche du marteau. — AB, axe des mouvements des osselets.

membrane amène un mouvement de va-et-vient de l'étrier d
la fenêtre ovale. Il est possible que le muscle de l'étrier serv
diminuer l'amplitude de l'excursion des mouvements de l'ét
dans la fenêtre ovale.

A cause de la plus faible longueur de la longue branche de l
clume, la vitesse du mouvement et l'excursion de l'extrémité
cette branche sont plus petites que celles de l'extrémité du man
du marteau, mais ce qui se perd en vitesse est regagné en fo
En effet, soit (*fig.* 182, page 739) M le marteau, E l'enclume
trois points, A, courte branche de l'enclume, R, sa longue bran
et P, manche du marteau, sont sur une même ligne et peuv
être considérés comme formant un levier du deuxième ge
ayant son point d'appui en A, sa puissance en P, sa résist
en R à l'étrier; la longueur du bras de levier de la puissance
de 9 millimètres environ, celle du bras de levier de la résist
de 6 millimètres; la force avec laquelle la branche de l'enclume pressera sur l'étrier sera égale à 1,5, la puissance P étant égale à l'unité.



Fig. 183. — Appareil ... Müller pour la trans... des vibrations dans ... du tympan.

L'appareil suivant de J. Müller représente ces deux modes de transmission. Un cylindre de verre, *a* (*fig.* 183), est fermé à sa partie supérieure rétrécie en col par un tube, *b*, qui figure le conduit auditif externe et est obturé par une membrane, *c* (membrane du tympan). L'autre ouverture du cylindre est fermée par une plaque de liége, *d*, percée de deux trous par lesquels passent deux tubes obturés par des membranes, *e* et *f*. Une petite tige de bois, *g*, représentant la chaîne des osselets, va de la membrane du tympan *c* à la membrane *f* (fenêtre ovale); *e* représente la fenêtre ronde; la partie *d* du cylindre plonge dans l'eau et on produit un son dans le tube *b* auquel est adapté un sifflet de laiton. Le son se transmet jusque dans l'eau et en plaçant dans cette eau, alternativement près de *e* et près de *f*, un conducteur qui se rend à l'oreil
l'expérimentateur (l'autre oreille étant bouchée), il est facile de
de l'intensité des sons qui arrivent en *e* et en *f*; or, on remarq
suite que les sons qui arrivent par l'air du cylindre à la membr
ont beaucoup moins d'intensité.

3° *Transmission des vibrations sonores dans l'oreille interne.*

.es vibrations sonores peuvent arriver à l'eau du labyrinthe trois voies différentes : 1° par les parois osseuses du laby-he; 2° par l'air de la caisse et a fenêtre ronde; 3° par l'étrier a fenêtre ovale; ce dernier mode est le mode de transmission inaire.

° *Transmission par les parois osseuses du labyrinthe.* — mode de transmission a lieu dans plusieurs cas : quand le s est plongé sous l'eau, quand le corps vibrant (exemple : montre) est placé directement en contact avec les parois du ie. C'est encore ce qui a lieu quand on entend sa propre voix; s ce cas, les vibrations de l'air de la bouche et des fosses les se transmettent aux parois du crâne; la transmission des ations suit alors une marche inverse de celle qui a lieu à t normal, et une certaine partie des vibrations se perd par onduit auditif; si on se bouche les oreilles, on entend mieux ropre voix. Si on fait vibrer un diapason et qu'on tienne sa entre les dents, il arrive un moment où les sons sont trop es et ne sont plus entendus par l'oreille; qu'on se bouche les oreilles, les sons s'entendent de nouveau.

and ces vibrations osseuses du labyrinthe sont produites par nouvements des parties avoisinantes, pulsations artérielles, isses musculaires, etc., elles donnent lieu à des sensations au-es particulières (bruissements, bourdonnements, sifflements, auxquelles on a donné le nom de sensations *entotiques*.

Transmission par la membrane de la fenêtre ronde. — er a constaté expérimentalement, en ajustant un petit ma-tre au labyrinthe, que les variations de pression de l'air onduit auditif et de la caisse amenaient des variations de pres-correspondantes dans le labyrinthe. Il peut donc y avoir nission des vibrations par l'air de la caisse à la membrane fenêtre ronde, et par cette membrane au liquide du laby-; mais ce mode de transmission est tout à fait secondaire.

ransmission par la chaîne des osselets. — Toutes les fois s'enfonce dans la fenêtre ovale, la pression augmente byrinthe et comme la seule partie mobile de la paroi



comme il survient successivement de nouvelle
fenêtre ovale et de nouvelles réflexions par la
fenêtre ronde, il en résulte des *vibrations statio*
celles d'une corde fixée par les deux bouts, et
brations correspondantes dans la rampe moyen
l'organe de Corti et les terminaisons du nerf du

Les coups de piston de l'étrier ne détermine
la production d'une ondulation dans le limaçon.
s'ouvrent en outre les cinq orifices des conduits
Une partie de l'ondulation se partage donc en c
courants qui s'engagent dans ces canaux; si ce
même diamètre à leurs deux orifices, les vibrati
sens inverse s'annuleraient, mais en réalité il n'e
est encore réduit à des hypothèses sur le rôle d
circulaires. (Voir : *Centres nerveux*.)

2. — DE LA SENSATION AUDITI

Pour qu'il y ait excitation du nerf auditif et pa
auditive, il faut certaines conditions : 1° les vi
avoir une certaine amplitude; trop faibles, ell
nent pas l'organe de l'ouïe; 2° elles doivent av
durée; au-dessus ou au-dessous d'un certain n
tions par seconde, les sons ne sont plus percept
varient elles-mêmes avec les individus; ainsi, ce

es sensations auditives se divisent en deux catégories : les
s *musicaux* et les *bruits*. Physiquement, les sons correspon-
t à des vibrations périodiques et régulières, les bruits à des
rations non régulières et non périodiques, ou à des chocs
antanés. Physiologiquement, la sensation du son musical est
sensation simple, de nature régulière; la sensation du bruit
s représente une sensation complexe et irrégulière. Comme
bruits sont en définitive la résultante de plusieurs sons musi-
x irrégulièrement mélangés, nous ne nous occuperons que de
derniers.

Caractères physiques de la sensation auditive.

es caractères sont au nombre de trois : l'intensité, la hauteur
timbre :

Intensité du son. — L'intensité dépend de l'amplitude des
ations. Il n'y a guère de mesure fixe de cette intensité; nous
appréciens que relativement et comparativement avec d'au-
sons; nous disons alors que tel son est fort ou faible. Il
sous le rapport de l'appréciation de l'intensité du son, des
ations individuelles très-grandes; cette appréciation varie
este chez le même individu; en général on entend mieux
oreille gauche que de l'oreille droite. On a vu plus haut l'in-
ce de la tension de la membrane du tympan sur l'intensité
on.

Hauteur du son. — La hauteur du son dépend du nombre de
ations. L'oreille apprécie sûrement, non pas précisément la hau-
absolue d'un son, mais sa hauteur relative par rapport à un
oisin; un son est plus grave qu'un autre quand il fait moins
brations par seconde, plus aigu quand il en fait plus. En
et au delà de certaines limites, l'appréciation de la hauteur
ons n'est plus possible; ces limites sont, pour les sons graves,
brations environ, pour les sons aigus 4,500 vibrations par
de. Si les nombres de vibrations sont trop rapprochés, la
ence de hauteur n'impressionne plus l'oreille; mais il y a,
ce rapport, de grandes différences individuelles; certaines
es discernent une différence de $1/_{1000}$ dans le nombre de
s de deux sons; une oreille musicale distingue nette-
différences de $1/_{500}$. C'est sur cette propriété de l'o-

reille d'apprécier la différence de hauteur de deux sons qu'i
basé essentiellement l'art musical.

Applications à l'art musical. — Au point de vue physiologique,
peut résumer de la façon suivante les principes musicaux en ce
concerne la hauteur des sons.

On appelle *intervalle* de deux sons le rapport du nombre de vi
tions de ces deux sons ; ainsi, si l'un des sons fait 300 vibrations
seconde, l'autre 200, l'intervalle sera représenté par $\frac{300}{200}$ ou $\frac{3}{2}$. Cert
intervalles sont représentés par des rapports numériques très-simp
$\frac{2}{1}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{4}$, etc.; d'autres, par des rapports numériques plus compliq
Les intervalles dont les rapports numériques sont les plus simples
aussi ceux que l'oreille accepte le plus facilement, entend avec le
de plaisir et que la voix humaine émet instinctivement.

Le rapport le plus simple est le rapport de l'intervalle $\frac{2}{1}$; cet in
valle a reçu le nom d'*octave*; le son le plus aigu fait un nombre d
brations double du son grave; on dit alors que le premier est à l'oc
du second. Le tableau suivant donne les principaux intervalles s
plus petits qu'une octave :

Intervalles.	Rapport.	Nombre de vibrations du son aigu.	Nombre de vibrations du son grave.
Quinte	2 : 3	3	2
Quarte	3 : 4	4	3
Tierce majeure	4 : 5	5	4
Tierce mineure	5 : 6	6	5
Sixte mineure	5 : 8	8	5
Sixte majeure	3 : 5	5	3

En élevant d'une octave le son fondamental d'un intervalle, on
tervalle renversé ; ainsi, une quarte est une quinte renversée. On
rapport de vibrations de l'intervalle renversé en doublant le plus
nombre de l'intervalle primitif. Le tableau suivant donne les inter
renversés correspondant aux intervalles simples cités plus haut :

Intervalles simples.	Rapport.	Intervalles renversés.	Rapport
Quinte	2 : 3	Quarte	3 : 4
Quarte	3 : 4	Quinte	4 : 6 ou
Tierce majeure	4 : 5	Sixte mineure	5 : 8
Tierce mineure	5 : 6	Sixte majeure	6 : 10 ou
Sixte mineure	5 : 8	Tierce majeure	8 : 10 ou
Sixte majeure	3 : 5	Tierce mineure	5 : 6

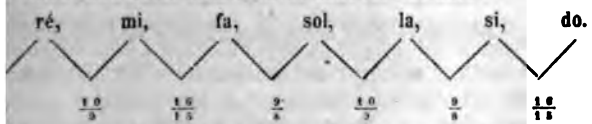
C'est en se servant des intervalles les plus simples, la quinte, la
et la tierce, qu'on a formé la *gamme*, en intercalant dans l'int

…ctave une série de sons ou *notes*, séparés l'un de l'autre par des …lles déterminés.

…otes de la gamme sont au nombre de 7, qui portent les noms …s : *ut* (ou *do*), *ré, mi, fa, sol, la, si*. Ces notes sont dans le rap…ivant de vibrations avec la *note fondamentale* ou *toniquè* do :

do,	ré,	mi,	fa,	sol,	la,	si,	do.
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

…ce qu'on appelle la *gamme majeure* ; dans cette gamme, les in…s entre deux notes consécutives sont les suivants :



…alle $\frac{9}{8}$ (do-ré ; fa-sol ; la-si) s'appelle *ton majeur* ; l'intervalle $\frac{10}{9}$ … sol-la) *ton mineur* ; l'intervalle $\frac{16}{15}$ (mi-fa ; si-do) est le *demi-*…*eur* ; la différence entre le ton majeur et le ton mineur ou le …est représentée par la fraction $\frac{81}{80}$; c'est à peu près le cinquième …-ton. Dans la gamme majeure, les intervalles se succèdent dans …uivant : un ton majeur, un ton mineur, un demi-ton majeur ; un …eur, un ton mineur, un ton majeur, un demi-ton majeur.

…ut prendre pour *tonique* un quelconque des sons musicaux, …e soit son nombre de vibrations, et obtenir ainsi autant de … qu'il y a de sons musicaux différents. Ainsi on peut commen…fféremment la gamme par *ré, mi, fa*, etc., mais la seule condition …par l'oreille est que les nombres de vibrations des différentes … la gamme soient toujours dans les mêmes rapports avec le … de vibrations de la tonique.

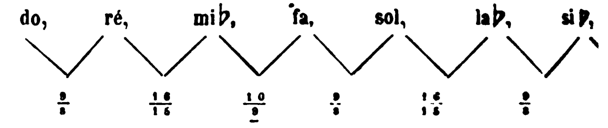
…néral, on est convenu de partager l'échelle des sons musicaux …rtain nombre d'octaves en prenant pour tonique de l'octave la …ve le son qui correspond à 33 vibrations par seconde. On a le … de vibrations de chacune des notes de l'octave supérieure en …t successivement le nombre des vibrations de chaque note, …le montre le tableau suivant :

	Contre-octave.	Grande octave.	Petite octave.	Octave seconde.	Octave tierce.	Octave quarte.	Octave quinte.
.	33	66	132	264	528	1056	2112
.	37,125	74,25	148,5	297	594	1188	2376
.	41,25	82,5	165	330	660	1320	2640
.	44	88	176	352	704	1408	2816
.	49,5	99	198	396	792	1584	3168
.	55	110	220	440	880	1760	3520
	61,875	123,75	247,5	495	990	1980	3960

Outre la gamme majeure, la musique moderne emploie encore la g
mineure, composée aussi de sept notes, mais dont les rapports de
tions entre elles et avec la tonique diffèrent des rapports de la g
majeure. On l'écrit de la façon suivante en prenant *do* pour to
do, ré, mi♭, fa, sol, la♭, si♭; le signe ♭ (*bémol*) placé après u
indique que cette note est baissée d'un demi-ton; dans cette g
le rapport du nombre de vibrations de chaque note par rapport
nique est le suivant :

do,	ré,	mi♭,	fa,	sol,	la♭,	si♭,	do,
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{9}{5}$	2

et les intervalles entre deux notes consécutives sont les suivan



Les intervalles se succèdent donc dans l'ordre suivant : un
jeur, un demi-ton, un ton mineur, un ton majeur, un demi-ton
majeur, un ton mineur.

On a vu plus haut que la tonique de la gamme (majeure ou m
peut être placée indifféremment sur telle ou telle note. Il e
qu'on peut prendre successivement comme tonique les divers
la gamme; on a alors les gammes ou les *tons* de *ré*, de *mi*, etc
l'on prend la gamme de *mi*, par exemple, on voit que sa d
note, le *fa*, ne correspond plus au même nombre de vibratio
fa de la gamme de *do* majeur; en effet, elle fait 46,4 vibrat
seconde, tandis que ce dernier en a 44 dans la contre-octave. I
truisant ainsi successivement toutes les gammes, on arrive à
multiplicité de notes que la pratique des instruments de musiq
inabordable par sa complication. Il n'y a, pour s'en rendre co
jeter les yeux sur le tableau suivant qui montre le nombre
tions des notes de la gamme dans la contre-octave des di
gammes majeures et mineures :

Gammes majeures.

	Do.	Ré.	Mi.	Fa.	Sol.	La.
Do majeur.	33	37,125	41,25	44	49,5	55
Ré majeur.	34,8	37,125	41,76	46,405	49,5	55,68
Mi majeur.	34,375	38,67	41,25	46,404	51,55	55
Fa majeur.	33	36,65	41,25	44	49,5	55
Sol majeur.	33	37,125	41,25	46,35	49,5	55,62
La majeur.	34,375	36,66	41,25	45,875	51,56	55
Si majeur..	34,8	38,67	41,25	46,4	51,56	55

[redacted]

Gammes mineures.

Do.	Ré.	Mi♭.	Fa.	Sol.	La♭.	Si♭.
33	37,125	39,6	44	49,5	52,8	59,4
33,41	37,125	41,76	44,55	49,5	55,686	59,4
31,68	35,64	39,6	44,55	47,52	52,8	59,4
33	35,2	39,6	44	49,5	52,8	58,64
33	37,125	39,6	44,55	49,5	55,62	59,4
31,68	35,2	39,6	42,24	47,52	52,8	59,4
33,41	35,64	39,6	44,55	47,52	53,46	59,4

it avoir des gammes du second degré en prenant encore
ues les notes de ces différentes gammes et ainsi de suite,
it multiplier ainsi presque à l'infini le nombre des notes.
a confusion qui en résulterait et rendre les instruments
est convenu d'admettre ce qu'on a appelé le *tempérament*
pérament égal est basé sur ce fait dont il a été parlé plus
la difficulté que l'oreille éprouve à discerner la différence
e deux sons très-voisins l'un de l'autre et la faculté qu'elle
deux sons dont les nombres de vibrations se rapprochent.
l'octave en douze demi-tons ou intervalles égaux et cons-
gamme chromatique composée des notes suivantes :

) ré (ré♯ / mi♭) mi, fa (fa♯ / sol♭) sol (sol♯ / la♭) la (la♯ / si♭) si, do.

♯ (*dièze*) hausse la note d'un demi-ton. Dans cette gamme,
tempérée par comparaison avec la gamme naturelle, la dis-
ton majeur ($\frac{9}{8}$) et du ton mineur ($\frac{10}{9}$), séparés par l'inter-
mma ($\frac{81}{80}$), disparait. La succession des tons et des demi-
es gammes majeures et mineures peut être représentée

ure :	1 ton	1 ton	$\frac{1}{2}$ ton	1 ton	1 ton	1 ton	$\frac{1}{2}$ ton
ure :	1 ton	$\frac{1}{2}$ ton	1 ton	1 ton	$\frac{1}{2}$ ton	1 ton	1 ton

mme tempérée, la quinte, au lieu d'être représentée par $\frac{3}{2}$;
$\frac{883}{886}$; elle est donc altérée d'une quantité inappréciable,
u contraire, le sont d'une façon assez sensible.
struments à *sons fixes,* comme le piano, l'harmonium, etc.,
mpérée est seule usitée; il n'y a pas de distinction entre
ré♭, le ré♯ et le mi♭, etc., et l'intervalle le plus petit adopté
est le demi-ton ($\frac{16}{15}$). Sur le violon, au contraire, on peut
les intervalles naturels.

du son. — On a vu, dans la partie physique, que



que les sons partiels pairs. Voici les harmoniqu
nombres de vibrations des sons partiels :

	Son fondamental.	Harmoniqu					
Notes.	do^1	do^2	sol^2	do^3	mi^3	sol^3	s
Sons partiels .	1er son partiel.	2^e	3^e	4^e	5^e	6^e	
Nombre de vibrations . .	33	66	99	132	165	198	1

Les premiers sons partiels se distinguent mi
niers.

Certains sons dépourvus d'harmoniques prés
des sons partiels, mais qui ne sont plus en ra
vibrations avec le son fondamental (exemple : le
ces sons partiels sont très-élevés, s'éteignent
jouent qu'un rôle accessoire en musique. Les so
plétement dépourvus de sons partiels, ont tous l
qui se rapproche du bruit produit en soufflant da
ou du timbre de la voyelle *ou*; c'est un timbre
dépourvu de mordant, comme les sons de flûte.

2° *Caractères physiologiques de la auditive.*

Un caractère physiologique essentiel de la se
c'est l'*extériorité*. Quand nous entendons un s
tons ce son à l'extérieur; il nous paraît se pass

membrane du tympan. Cependant cette extériorité pourrait n'être qu'une affaire d'habitude et non pas liée à la structure e de l'oreille. Ainsi, il est souvent difficile au premier mo- de distinguer les bourdonnements, ou autres sensations *iques*, de phénomènes analogues provenant du monde ieur.

durée de la sensation auditive ne correspond pas exacte- à la durée de l'excitation (vibration sonore) qui l'a fait e, elle la dépasse ([1]). D'après recherches de Helmholtz, ent encore entendre distinc ..nt 133 battements par se- e, mais au delà de 133 batte ıts, la sensation devient con- , parce que les impressions s . .usionnent. Dans certains cas tionnels, l'ébranlement communiqué aux extrémités ner- s persiste longtemps encore rès la vibration; on a alors *ensations auditives conséc* *s*, mais leur durée est en al assez courte.

sensibilité de l'oreille pour les sons de différentes hauteurs pas la même; elle est ordinairement plus vive pour les sons que pour les sons graves; le maximum de sensibilité de lle paraît se montrer pour les nombres de vibrations com- entre 2,800 et 3,000, région du *fa*♯; c'est, du reste, ce observe aussi pour certains animaux. Cette sensibilité varie oup d'individu à individu; des musiciens reconnaîtront des ences de hauteur de $^1/_{1000}$, quand d'autres personnes se- peine affectées par une différence d'un demi-ton ; c'est là constitue la *justesse* de l'oreille. Les limites des sons graves us perceptibles ne sont pas non plus les mêmes pour les nts individus.

e sensibilité de l'ouïe s'adresse non-seulement à la hauteur, l'intensité et au timbre du son. Des sons très-faibles, qui pent aux uns, seront encore perçus par d'autres (*finesse reté* de l'ouïe). Le timbre d'un son nous fait connaître iatement l'instrument qui le produit; nous reconnaissons rsonne au timbre de sa voix.

ercice a une influence marquée sur la sensibilité de l'ouïe

---

prétend souvent que la sensation auditive ne dure pas plus long- que la vibration sonore qui la produit, mais c'est en réalité une seulement la persistance de la sensation est très-faible, et sous ce ..tion auditive disparaît beaucoup plus vite que l'excitation

et surtout sur sa justesse. Tout le monde sait à quelle perf
on peut arriver sous ce rapport. L'*habitude* a un rôle
plus important; c'est grâce à elle que les harmoniques
compagnent la plupart des sons que nous entendons
inaperçus, et qu'un son *composé* nous donne une se
simple.

Les sensations auditives peuvent être le point de dé
réflexes, rires, larmes, contractions musculaires, phén
nerveux dont la singularité souvent exagérée a défrayé pl
recueil à titre de curiosités scientifiques. Certaines haut
son, certains caractères de timbres agissent plus spéci
sur le système nerveux; mais ce sont surtout les brui
encore que les sons musicaux, qui sont intéressants à
sous ce rapport. Tout le monde a éprouvé l'effet d'ag
produit par certains grincements. Les sensations auditiv
nent, sous ce rapport, immédiatement après les sensati
tiles.

3° *Du mode d'excitation des terminais du nerf auditif.*

Le mode d'action des vibrations du liquide du labyri
les terminaisons nerveuses est encore peu connu; tou
nous savons, c'est qu'il y a là certainement un ébranlem
canique, une vibration véritable des terminaisons nerveu
le doute commence dès qu'il s'agit de déterminer comm
vibration peut produire les divers modes de la sensa
ditive.

Helmholtz, en se basant sur les phénomènes des sons par
avait imaginé une hypothèse ingénieuse pour expliquer de qu
se produisent dans l'oreille les sensations de hauteur et de t
a vu, à propos des sons par influence, que les corps élastiqu
son propre correspondant à un nombre déterminé de vibratio
un son voisin du son propre du corps se met à résonner,
vibre par influence avec d'autant plus de force que les no
vibrations des deux corps sont plus rapprochés. Les extrém
veuses du nerf du limaçon aboutissent à environ 3,000 p
élastiques, *fibres de Corti*. Helmholtz suppose que ces fibre
sont chacune accordées pour un son déterminé et forment

ière correspondante à l'échelle de la gamme; soit 2,800 fibres de pour les sons musicaux proprement dits qui comprennent 7 oc- cela ferait 400 fibres pour une octave, 33 à peu près par demi-ton. d un son simple, une vibration pendulaire arrive à l'oreille, elle e les fibres de Corti qui sont accordées pour ce nombre de vibra- et l'une d'entre elles plus que les autres; des sons de hauteur ente affectent des fibres de Corti de hauteurs différentes. Quand non plus un son simple, mais un son accompagné d'harmoniques e fait entendre, il se produit d 'oreille autant de sensations ées qu'il y a de vibrations pendu s dans le son entendu, qu'il y groupes de fibres de Corti impre nées.

emble, au premier abord, que l' ission de 33 fibres de Corti, les sons contenus dans l'interva demi-ton, ne suffise pas; fet, on distingue facilement de ences de hauteur de $^{1}/_{64}$ mi-ton; mais s'il se produit un t la hauteur soit comprise l'accord de deux fibres de Co oisines, elles vibreront toutes ux, mais celle dont le son pro re est le plus voisin du son émis a avec le plus d'intensité.

expériences de Hensen ont confirmé les vues théoriques d'Helm- les *mysis* (crustacés) présentent des crins auditifs extérieurs; observant au microscope pendant qu'on faisait arriver dans l'eau s contenait les sons d'un cor, on voyait certains crins vibrer pour les notes du cor, d'autres pour d'autres.

heureusement, des recherches récentes sont venues infirmer ces its. Sans entrer dans les détails, il suffira de dire que l'organe de manque chez les oiseaux, auxquels on ne peut refuser l'apprécia- es hauteurs des sons. Helmholtz a modifié son hypothèse en la ortant à la *membrane basilaire* qui sert de support aux fibres de et augmente de largeur de la base au sommet du limaçon; elle porterait, d'après lui, comme un système de cordes juxtaposées gueur croissante accordées chacune pour un son déterminé. On t se prononcer encore sur la valeur de cette nouvelle hypothèse.

Audition d'un son avec les deux oreilles.

dition avec les deux oreilles ne paraît pas modifier la ion auditive; on entend toujours un seul son et l'intensité ie pas si la distance du corps sonore à chaque oreille est Y a-t-il là une affaire d'habitude, ou bien les fibres ner- de chaque oreille se correspondent-elles et aboutissent- r deux à un même point nerveux central? Il est de trancher la question.

5° *Audition simultanée de plusieurs sons sensations auditives simultanées.*

Jusqu'ici j'ai étudié la sensation auditive en elle-même, donnée l'audition d'un seul son ou de plusieurs sons succe il reste à étudier les sensations auditives simultanées. Il est difficile de préciser jusqu'à quelle limite les sensations aud simultanées peuvent être perçues ; la multiplicité de ces tions peut être portée très-loin sans qu'il y ait confusion, n'y a qu'à entendre un orchestre pour voir combien de tions auditives distinctes peuvent coexister dans l'oreille sa mélanger ; il peut très-bien se faire aussi que des sens auditives qui nous paraissent *simultanées* ne soient en eff *successives*, mais dans un espace de temps infiniment cou suffit-il pas d'une durée de $^{1}/_{132}$ de seconde pour qu'une tation auditive fournisse une sensation distincte. Il faut guer, dans l'audition simultanée de plusieurs sons, le cas sons arrivent à une seule, et celui dans lequel ils arrive deux oreilles. Si les deux sons émis simultanément ont la hauteur, la même intensité et le même timbre, même pou dition avec les deux oreilles, ils résonnent comme un se S'ils diffèrent de hauteur et de timbre, ils sont entendus d tement tous deux avec les deux oreilles ; avec une seule au contraire, ils donnent une sensation simple, un son ré composé par les deux sons primitifs. Ainsi, si on place montres dans une main et qu'on les rapproche d'une orei entend un seul tic-tac, quoique les sons des deux montres pas la même hauteur.

C'est sur la propriété de l'oreille d'être impressionnée s nément par une grande multiplicité de sons, qu'est b partie harmonique de la musique.

Principes physiologiques de l'harmonie. — Les princi l'harmonie musicale peuvent se résumer de la façon suivante, de vue physiologique :

On sait que lorsque deux sons ont un nombre de vibratio l'un de l'autre, il se produit des *battements*, et que le nombre battements par seconde égale la différence du nombre de vi des deux sons. Si l'un fait 100 vibrations par seconde, l'autre

ı 10 battements. Quand deux sons fondamentaux donnent des
ınts, les harmoniques en donnent également; à chaque batte-
ı son fondamental correspondent 2 battements du 2e son partiel
monique), 3 du troisième et ainsi de suite. A mesure que la dif-
de hauteur de deux sons simultanés augmente, le nombre des
ınts augmente aussi. L'effet physiologique des battements est
s désagréable et communique à l'ensemble une dureté qui
péniblement l'oreille; cette dureté est au maximum pour
ements par seconde; à mesure que ce nombre s'accroît, la sen-
lésagréable disparaît de plus en plus, et pour 132 battements
onde on n'a plus qu'une sensation auditive continue.
nêmes intervalles présentent un nombre croissant de battements
re qu'ils occupent des régions plus élevées de l'échelle musi-
ıversement, des intervalles différents peuvent, suivant qu'on
nd dans des régions différentes de la gamme, donner le même
de battements. Ainsi, le nombre de 33 battements est fourni par
ırs intervalles suivants :

Seconde	Ut^2	Ré^2
Seconde augmentée.	Si$\flat^1$	Ut^2
Tierce diminuée	Sol^1	Si$\flat^1$
Tierce mineure.	Mi^1	Sol^1
Tierce majeure.	Ut^1	Mi^1
Tierce augmentée.	Si$\flat^1$	Ré^2
Quarte.	Sol^0	Ut^1
Quinte diminuée	Mi^1	Si$\flat^1$
Quinte.	Ut^0	Sol^0
Sixte mineure.	La^{-1}	Fa^0
Sixte majeure	Sol^0	Mi^1
Septième diminuée	Ut^1	Si$\flat^1$
Octave.	Ut^{-1}	Ut^0

ju'ils fassent le même nombre de battements, tous ces inter-
n'ont pas la même dureté; plus l'intervalle est petit, plus sa
est prononcée.

ureté d'un intervalle dépend donc de deux conditions : 1° du
de battements (maximum de dureté à 33 battements); 2° de la
ır de l'intervalle; pour un même nombre de battements la
est en raison inverse de la grandeur de l'intervalle.

bleau suivant donne le nombre de battements des intervalles
ous d'une octave pour les diverses octaves de l'échelle mu-

facile, d'après les lois posées ci-dessus, de trouver pour chaque
le la dureté correspondante.

	Ut — 1.	Ut_0.	Ut_1.	Ut_2.	Ut_3.	Ut_4.	Ut_5.	Ut_6.	[illegible]
Ut#. . .	1,375	2,75	5,50	11,0	22	44	88	176	[illegible]
Ré♭. . .	3,9375	7,875	15,75	31,5	63	126	252	504	[illegible]
Ré . . .	4,125	8,25	16,50	33	66	132	264	528	[illegible]
Ré#. . .	5,5	11	22	44	88	176	352	704	[illegible]
Mi♭. . .	6,6	13,2	26,4	52,8	105,6	211,2	422,4	844,9	[illegible]
Mi. . . .	8,25	16,5	33	66	132	264	528	1056	[illegible]
Fa♭. . .	10,3125	20,625	41,25	83,5	167	334	668	1336	[illegible]
Fa. . . .	11	22	44	88	176	352	704	1408	[illegible]
Fa#. . .	13	26	52	104	208	416	832	1664	[illegible]
Sol♭. . .	15,25	30,5	61	122	244	488	976	1952	[illegible]
Sol . . .	16,50	33	66	132	264	528	1056	2112	[illegible]
Sol#. . .	18,5625	37,125	74,25	148,5	297	594	1188	2376	[illegible]
La♭. . .	19,625	39,25	78,5	157	314	628	1256	2512	[illegible]
La . . .	22	44	88	176	352	704	1408	2816	[illegible]
La#. . .	22,6875	45,375	90,75	181,5	363	726	1452	2904	[illegible]
Si♭. . .	24,75	49,5	99	198	396	792	1584	3168	[illegible]
Si. . . .	28,875	57,75	115,5	231	462	924	1848	3696	[illegible]
Ut. . . .	33	66	132	264	528	1056	2112	4224	[illegible]

Chaque colonne verticale du tableau contient les intervalles q
différentes notes de la gamme font avec la tonique, et chaque co
répond à une octave. On voit, par exemple, que les tierces qui so
très-bien dans les régions élevées présentent une certaine dureté
les octaves inférieures. L'existence de ces battements est fondam
pour la théorie de l'harmonie.

Des intervalles. — Quand deux sons se font entendre simultané
non-seulement les deux sons fondamentaux, mais encore leurs h
niques respectifs (¹) produisent des battements, et si ces batte
sont bien marqués, la sensation est intermittente, désagréable et
titue ce que l'on appelle une *dissonance*. Quand les battement
trop peu marqués pour exercer une action désagréable, il y a c
nance. Pour apprécier la consonnance ou la dissonance des
intervalles, il faut donc avoir égard surtout à la coïncidence des
niques des deux sons qui composent l'intervalle ; en effet, les
niques coïncidents ne peuvent donner de battements.

Le tableau suivant donne les harmoniques coïncidents pour le
cipaux intervalles :

Tableau des harmoniques coïncidents.

	Ut.	Ut^1.	Sol^1.	Ut^2.	Mi^2.	Sol^2.	$Si♭^2$.	Ut^3.	[illegible]
Octave		*ut*^{1}		*ut*^{2}		*sol*^{2}		*ut*^{3}	
Douzième . . .			*sol*^{1}			*sol*^{2}			[illegible]
Quinte	sol		*sol*^{1}		ré^2	*sol*^{2}	si^2		[illegible]
Quarte	fa	fa^1		*ut*^{2}	fa^2		la^2	*ut*^{3}	
Sixte majeure .	la	la^1			*mi*^{2}		la^2		[illegible]
Tierce majeure .	mi	mi^1	si^1		*mi*^{2}	sol#^{2}	si^2		ré
Tierce mineure .	mi♭	mi♭^{1}	si♭^{1}	mi♭^{2}		*sol*^{2}			

(¹) Les sons résultants peuvent faire aussi entendre des battem
renforcent ceux des harmoniques.

mière ligne horizontale donne les sons partiels (son fondamen-
-moniques) de la note grave de l'intervalle ; les lignes horizon-
-antes donnent les premiers sons partiels de la note aiguë de
le considéré ; les sons partiels coïncidant avec un des sons
le la note grave sont *en italiques*.

-ouver les harmoniques coïncidents d'un intervalle, il suffit de
er au rapport numérique de cet intervalle. Ainsi, dans la quinte
second son partiel de la quinte, sol (ou ses multiples, 4, 6,
coïncide avec le troisième son partiel du son fondamental
ses multiples, 6, 9) et ainsi de suite.

it, dans le tableau des harmoniques coïncidents, remplacer les
r des chiffres indiquant le numéro d'ordre des sons partiels ; le
peut alors s'appliquer à tous les intervalles mentionnés, quelles
nt les notes qui contribuent à les former. Le tableau, calqué
écédent, prend alors la forme suivante :

amental.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
. . . .		1		2		3		4		5
. . . .			1			2			3	
. . . .			2			4			6	
. . . .				3				6		
eure . .					3					6
jeure . .					4					8
neure . .						5				

ce tableau, il est facile de voir de suite quel est le degré de
nce des intervalles. Sous ce rapport, on les a classés de la
vante :

sonnances absolues. — Octave. — Douzième. — Double octave.
sons partiels du son aigu coïncident avec un des sons partiels
e grave.

sonnances parfaites. — Quinte. — Les sons partiels pairs
it avec des sons partiels de la note grave.

sonnances moyennes. — Quarte. — Sixte majeure. — Tierce
— Deux des harmoniques coïncident (dans les dix premiers
tiels) ; les battements commencent à se faire sentir dans le

sonnances imparfaites. — Sixte mineure. — Tierce mineure.
mineure. — Un seul des harmoniques coïncide ; ils sont mau-
le grave.

sonances. — Pas d'harmonique coïncidant.

cords. — On nomme *accord* l'émission simultanée de plus de
s. Comme pour les intervalles, on distingue des *accords con-*
et des *accords dissonants*. Pour qu'un accord soit consonnant,
ie les sons qui s'y trouvent soient consonnants deux à deux;

si deux des sons forment une dissonance et donnent des batte sensibles, l'harmonie est détruite.

Les seuls accords consonnants de trois sons sont les suivan sont aussi les plus employés en musique :

	Accords.	Ut	Ut# Ré♭	Ré.	Ré#. Mi♭.	Mi.	Fa.	Fa#. Sol♭.	Sol.	Sol#. La♭.	La.	L S
Majeurs.	Fondamental	Ut				Mi			Sol			
	De sixte	Ut					Fa				La	
	De sixte et quarte.	Ut			Mi♭					La♭		
Mineurs.	Fondamental	Ut			Mi♭				Sol			
	De sixte	Ut					Fa			La♭		
	De sixte et quarte.	Ut				Mi					La	

On peut faire dériver les accords de sixte et de sixte et qua deux accords fondamentaux, grâce au renversement suivant, en successivement pour tonique la deuxième et la troisième l'accord.

Accord majeur.

Accord fondamental. . . .	ut mi sol		
— de sixte et quarte	mi sol ut		
— de sixte.	sol ut mi.		

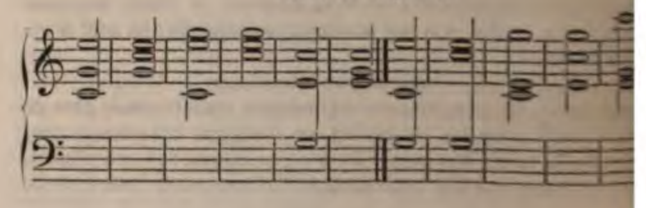
Accord mineur.

Accord fondamental. . . .	ut mi♭ sol		
— de sixte et quarte	mi♭ sol ut		
— de sixte.	sol ut mi♭.		
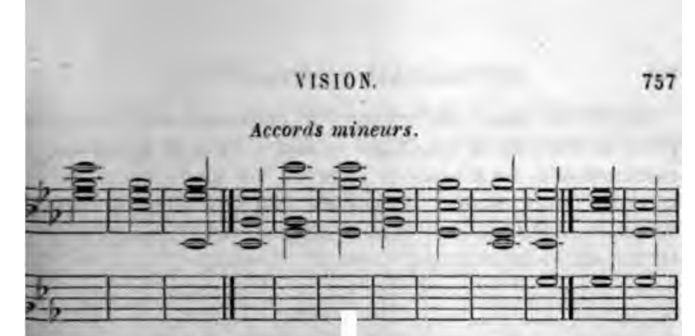
La consonnance des accords dépend : 1° des consonnances ou imparfaites formées par les intervalles qui les composent; présence des sons résultants dus aux sons fondamentaux ou premiers harmoniques.

Le tableau suivant, emprunté à Helmholtz, donne les meille versements des accords de trois sons, soit majeurs, soit mineu les accords majeurs, les meilleurs sont ceux dans lesquels résultants restent entièrement compris dans l'accord. Pour les mineurs, il y a toujours, même pour les meilleurs, perturb l'accord par des accords nouveaux dus aux sons résultants.

Accords majeurs.



Accords mineurs.



ccords de quatre sons. — Tous les accords consonnants de re sons sont des accords de trois sons dans lesquels un des sons edoublé à l'octave.

s *accords dissonants* de trois et quatre sons sont aussi employés en que comme transition entre les accords consonnants.

musique moderne n'emploie guère que deux *modes :* le mode ur et le mode mineur; ces deux modes sont ceux qui fournissent éries d'accords consonnants les plus complètes. D'autres modes, rd'hui abandonnés, étaient employés autrefois et le sont encore ertains peuples. (Voir, pour plus de détails sur ce sujet, Helmholtz : rie *physiologique de la musique.*)

iographie. — Helmholtz : *Théorie physiologique de la musique;* traduit G. Guéroult. 2e édit. Paris, 1874.

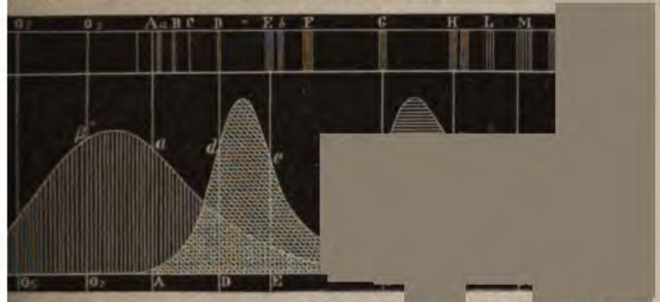
2° VISION.

sensation visuelle est une sensation spéciale qui reconnait cause déterminante l'excitation de la rétine par la lumière. sensation exige donc deux conditions fondamentales : un nt, la lumière; une membrane impressionnable, la rétine. la sensation, limitée dans ces conditions, ne serait que entaire et indistincte si des appareils surajoutés, faisant du globe oculaire ou extérieurs à lui, ne venaient la per-nner. Ces appareils sont : en premier lieu, un appareil de tion constitué par les milieux transparents de l'œil; un ragme musculaire, l'iris, qui règle la quantité de lumière rive à la rétine; un appareil d'accommodation, le muscle e et le cristallin, qui permet à l'œil de s'adapter aux es distances; des muscles, qui font parcourir au globe ire toutes les parties du champ visuel, et enfin des organes n, comme l'appareil lacrymal, les paupières et les

Les sensations visuelles ne sont pas liées
l'action de l'excitant lumière; même, dans l'o
absolue, à toute excitation mécanique, physiq
de la rétine et du nerf optique, correspond un
neuse; la lumière est seulement l'excitant phys
L'étude de la lumière étant du ressort de la phy
que rappeler brièvement les notions indispensa

La lumière est due aux vibrations de l'éther. On
neux la direction suivant laquelle se transmetten
l'éther. Cette transmission de la lumière se fait en
une vitesse de 300,000 kilomètres par seconde dan
lumière), et de chaque point lumineux partent com
infinité de rayons qui vont dans toutes les directio
vibrations de l'éther sont transversales, c'est-à-dire
la direction des rayons lumineux. A la durée, ou ce q
au nombre des vibrations correspond une sensation
de couleur, qui est pour la sensation lumineuse ce
pour le son. La durée de ces vibrations est infini
suite, dans une seconde, il y a un nombre conside
et la rétine se comporte avec les vibrations lumine
acoustique avec les vibrations sonores; au delà et
nombre, la rétine n'est plus impressionnée par les
sales de l'éther; la limite inférieure des vibrations
par le rouge, qui correspond à 435 trillions de vibr
la limite supérieure par le violet, qui correspond à 7
tions. Au-dessous de 434 trillions, la rétine n'est pl
quoique les vibrations inférieures puissent encore
leur (rayons calorifiques); au-dessus de 764 trillions

va de O' à A, le spectre ultra-violet de H à T. Les courbes repré-
nt les intensités calorifique, lumineuse et chimique (pour le nitrate
ent), suivant les diverses régions du spectre.



184. — Courbes d'intensité calorifique, lumineuse et chimique des différentes régions du spectre solaire.

nombre des vibrations du violet, limite supérieure des sensations
euses (aigu), n'est pas même le double de celui du rouge, qui en
limite inférieure (grave). On voit donc que l'échelle des vibrations
es ou des rayons lumineux, moins étendue que l'échelle des vibra-
sonores, comprend à peine une octave du grave à l'aigu.
rayons ultra-violets peuvent aussi impressionner la rétine si on
ce dans certaines conditions, de façon à accroître leur intensité;
uvent alors devenir visibles.
lumière blanche est une lumière composée; on peut, en lui
t traverser un prisme, la décomposer en un certain nombre de
ions, autrement dit, isoler les vibrations simples qui la composent,
e les résonnateurs divisent un son complexe en sons simples.
yons qui correspondent aux différents nombres de vibrations
inégalement réfrangibles, le faisceau de lumière blanche se *dis-*
et laisse apparaître les couleurs simples qui le composent; on a
ce qu'on appelle le spectre solaire. Les rayons violets sont les
réfrangibles et se trouvent dans le spectre, du côté de la base du
e; les rayons rouges, les moins réfrangibles, du côté du sommet.

RAJET DES RAYONS LUMINEUX DANS L'ŒIL. DIOPTRIQUE OCULAIRE.

1. — LOIS PHYSIQUES DE LA RÉFLEXION ET DE LA RÉFRACTION.

connaissance des lois de la réflexion et de la réfraction est
pensable pour bien comprendre la marche des rayons lumi-



sur les surfaces planes sont les suivantes :

1° Le rayon incident et le rayon réfléchi sont da avec la normale à la surface au point d'incidence;

2° L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidenc

Dans les miroirs plans, l'image est virtuelle, symét de même grandeur.

Dans les miroirs convexes, l'image est virtuelle, dr que l'objet.

Dans les miroirs concaves, il y a plusieurs cas sui l'objet :

1° L'objet est à l'infini; l'image se produit au foyer réelle et renversée;

2° L'objet est au delà du centre de courbure; l'ima le foyer principal et le centre de courbure; elle est r plus petite que l'objet;

3° L'objet est au centre de courbure, l'image est a bure et coïncide avec l'objet; elle est de même gr renversée;

4° L'objet est entre le centre de courbure et le l'image se forme au delà du centre de courbure; ell versée et plus grande que l'objet;

5° L'objet est au foyer principal; les rayons vont pas d'image;

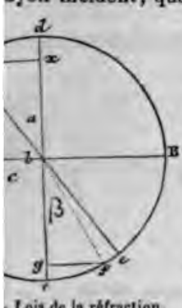
6° L'objet est entre le foyer principal et le sommet est virtuelle, droite et plus grande que l'objet.

Réfraction de la lumière. — Les lois de la réfra vantes :

1° Le rayon incident et le rayon réfracté sont situ

[redacted]

ayon incident; quand le rayon arrive à la surface de séparation du milieu le plus réfringent AB (passage de l'air dans l'eau, par exemple), le rayon réfracté, au lieu de suivre la direction primitive *bc*, se rapproche de la normale et suit la direction *bf*. L'angle d'incidence α est plus grand que l'angle de réfraction β. Si maintenant on prend sur ces deux rayons (incident *ab* et réfracté *bf*), des longueurs égales *ab* et *bf*, et que des points *a* et *f* également distants de *b* on abaisse des perpendiculaires *ax* et *fg* sur la normale *de*, ces lignes *ax* et *fg* sont



· Lois de la réfraction. (…ir page 760.)

es angles d'incidence et de réfraction. Le rapport de ces $\frac{ax}{gf}$ reste constant pour les deux milieux et constitue ce …elle l'*indice de réfraction*. Dans le cas actuel (passage de …au), si *ax* a une longueur = 4, *gf* a une longueur = 3, et …éfraction de l'eau sera $\frac{4}{3}$. Si on fait varier l'obliquité du rayon …lle du rayon réfracté varie aussi; par exemple, si le sinus … est 8, le sinus de réfraction sera 6, et l'indice de réfraction …. Quand le rayon incident passe d'un milieu moins réfrin… …n milieu plus réfringent, l'indice de réfraction est toujours … que l'unité, et on le représente par *n* dans les formules; … contraire, cet indice est toujours plus petit que l'unité et …ar $\frac{1}{n}$.

…il, la quantité *n* ne représente que l'indice de réfraction … à l'air, c'est-à-dire l'*indice relatif*. C'est le seul qu'il soit …aître pour la théorie de la réfraction oculaire.

… construction sert à montrer qu'en passant d'un milieu plus …ans un milieu moins réfringent, le rayon réfracté s'écarte …le au point d'incidence.

…s rayons lumineux traversent un milieu plus dense, à faces …s rayons entrants et les rayons sortants restent parallèles, …ieu traversé est peu épais, ils peuvent être considérés …ontinuant.

…tion de la lumière dans un milieu à surface courbe. — …ace sphérique I (*fig.* 186, page 762), O le centre de courbure …nd avec le centre optique ou *point nodal*, on appelle axe-

Fig. 186. — Construction d'un rayon réfracté.

et former leur foyer sur l'axe principal, de l'autre côt
séparation des deux milieux. Tous les rayons parall
cipal vont se réunir au point F', appelé *foyer princip*
postérieur. Les rayons parallèles venant de l'autre
(à droite de la figure) ont leur foyer au point F, *point*

On appelle *axe secondaire* toute ligne N O qui p
nodal; les rayons qui ont cette direction ne subiss
tion. Il y a, par conséquent, une infinité d'axes seco
rayons parallèles aux axes secondaires viennent for
un point, *foyer secondaire*, situé sur cet axe secondai
secondaires des rayons parallèles se trouvent sen
même plan, N'F', perpendiculaire à l'axe principal
foyer postérieur; c'est ce qu'on appelle le *plan focal*
plans focaux, un *plan focal postérieur*, N' F', qui p
postérieur F', un *plan focal antérieur*, N F, qui passe
rieur F. On appelle *plan nodal* le plan perpendicul
cipal et qui passe par le point nodal O, *plan princip*
à la surface au point A.

Construction d'un rayon réfracté. — Ces donn
nues, il est facile de trouver le rayon réfracté qua
rayon incident et le foyer principal de la surface r
le rayon incident, il coupe le plan focal antérieur en
rayon lumineux parti d'un point du plan focal antér
réfractant une direction parallèle à l'axe secondair
point ; si on mène cet axe secondaire NO et qu'on m
IQ' parallèle à l'axe secondaire NO, on a le rayon ré
peut aussi mener l'axe secondaire ON' parallèle au r

un point P (*fig.* 187); on mène de ce point : 1° l'axe secondaire PO ant par O sans subir de déviation; 2° un rayon PI parallèle à l'axe cipal; d'après ce qui a été dit tout à l'heure, le rayon réfracté pas-

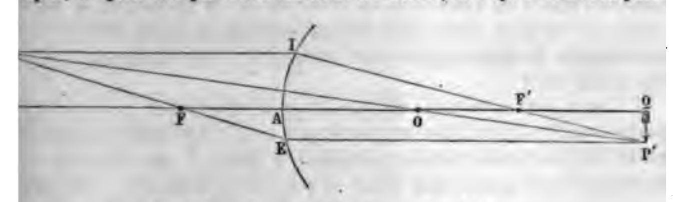


Fig. 187. — Construction de l'image d'un objet.

par le foyer postérieur F' et il n'y aura qu'à le prolonger jusqu'à u'il rencontre l'axe secondaire PO; le point de rencontre P' sera age du point P.

peut aussi mener : 1° le rayon incident PI, parallèle à l'axe prin- l; 2° le rayon incident PFE, passant par le foyer principal antérieur; ayon, après la réfraction, marche parallèlement à l'axe principal ant EP' et coupe le rayon réfracté IF' en P'.

trouvera ainsi successivement l'image des différents points d'un t. L'image de l'objet sera renversée.

Réfraction de la lumière dans le cas d'un système de plusieurs ieux réfringents (*système dioptrique centré*). — Quand, au lieu de x milieux séparés par une surface réfringente, on a affaire à un ème de plusieurs milieux, la construction du rayon réfracté s'ob- t facilement d'après les mêmes principes si les surfaces sont bien rées, c'est-à-dire si leurs centres de courbure se trouvent sur une e droite ou *axe*.

ut système dioptrique centré peut être remplacé par un système

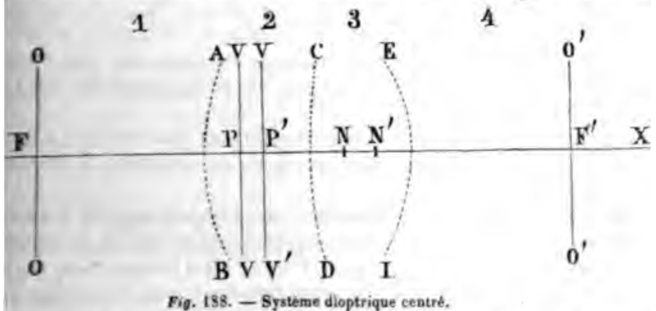


Fig. 188. — Système dioptrique centré.

ints cardinaux (*constantes optiques de Gauss*). Soit, par *g.* 188), un système composé de quatre milieux réfringents.

1, 2, 3, 4, séparés par les surfaces sphériques AB, CD, EI, dont les centres se trouvent sur l'axe XX. On pourrait, pour chaque milieu, étant connus l'indice de réfraction, la courbure de la surface et la direction du rayon incident, construire successivement le rayon réfracté; mais on simplifie la construction par l'admission des six points cardinaux. Ces points sont :

1° Deux *points focaux*, FF', *point focal antérieur* F et *point focal postérieur* F'; ils ont pour propriété que tous les rayons qui partent du point focal antérieur sortent parallèles à l'axe, et que tous les rayons parallèles vont former leur foyer au point focal postérieur. On appelle *plans focaux antérieur* et *postérieur*, OO, O'O', des plans passant par les points focaux et perpendiculaires à l'axe XX ; tous les rayons qui partent d'un point d'un plan focal sortent parallèles entre eux.

2° *Deux points principaux*, PP', et *deux plans principaux*, VV, V'V', qui représentent les deux surfaces de séparation idéales des milieux transparents. Tout rayon incident qui passe par le premier point principal sort par le deuxième, et tout rayon qui passe par un point du premier plan principal sort par le point correspondant du deuxième à la même distance de l'axe. C'est ce qu'on exprime en disant que le deuxième plan principal est l'image optique du premier.

On appelle *longueur focale antérieure* $= f$, la distance FP du point focal antérieur F au premier point principal P ; *longueur focale postérieure* $= f'$, la distance F'P' du point focal postérieur F' au deuxième point principal P'.

3° Deux *points nodaux*, NN', qui répondent aux centres optiques des surfaces VV, V'V', et jouissent de cette propriété que les rayons qui passent par le premier point nodal passent aussi par le deuxième et que les directions du rayon incident et du rayon réfracté sont parallèles. La distance des deux points nodaux NN' égale celle des deux points principaux.

Quand, dans un système de plusieurs milieux réfringents, le premier et le dernier milieu ont le même indice de réfraction, les points nodaux coïncident avec les points principaux, et les longueurs focales f et f' sont égales.

Quand un système de milieux réfringents est ainsi ramené à un système de six points cardinaux, il est facile de construire la marche du rayon réfracté.

Construction du rayon réfracté. — Soit (*fig.* 189, page 765) un rayon incident AB ; du point B, on mène une parallèle à l'axe XX, parallèle qui coupe le deuxième plan principal V'V' en C; c'est comme si le rayon AB tombait directement en C sur ce plan principal ; puis on mène par le deuxième point nodal N' une droite, N'D, parallèle au rayon incident AB; cette droite coupe le plan focal postérieur en D; en joignant D à C on a la direction du rayon réfracté CD. On peut encore y arriver en menant

oint focal antérieur F une droite, FI, parallèle à AB; du point I, où coupe le premier plan principal VV, on mène une parallèle à

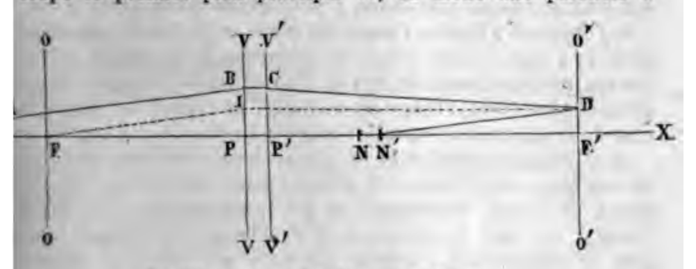


Fig. 189. — Construction d'un rayon réfracté.

ID; en joignant le point D, où cette parallèle rencontre le plan postérieur à C, on a la direction du rayon réfracté.

nstruction de l'image d'un point. — Soit (*fig.* 190) l'objet AB;

Fig. 190. — Construction de l'image d'un point.

avoir l'image du point A, il suffit de connaître le trajet de deux s partant de ce point.

On mène un premier rayon, AC, parallèle à l'axe; il coupe le ième point principal en C; de là, comme rayon parallèle à l'axe, il par le foyer postérieur F′ et prendra la direction CF′A′.

On mène un second rayon dans la direction du premier point N, et on mène par le deuxième point nodal N′ une ligne, N′A′, parallèle AN et qui sera la direction du second rayon réfracté; cette ligne e la ligne CF′A′ en un point A′, qui sera le foyer ou l'image du A. On trouvera de même l'image du point B. L'image de AB est et renversée.

s rapports de l'objet et de l'image sont donnés par la formule $= \frac{O f}{O - f}$ où I désigne la distance de l'image du deuxième

point principal, O la distance de l'objet du premier point pr
f la longueur focale antérieure, f' la longueur focale postérieur

Si l'objet est à l'infini, l'image est réelle et se fait au point fo
térieur; à mesure que l'objet se rapproche de la surface réfr
l'image, réelle, se porte de plus en plus en arrière; quand l'obje
premier point focal, l'image est à l'infini; si l'image se rappro
core de la surface réfringente, l'image est virtuelle et à gauche

Si on compare maintenant les déplacements de l'objet et de l
on voit que, entre l'infini et le premier point focal, à des dépla
égaux de l'objet, correspondent des déplacements très-iné
l'image; en effet, le déplacement de l'image est d'abord trè
puis ce déplacement s'accroît à mesure que l'objet se rappr
point focal antérieur. Ainsi, depuis l'infini jusqu'à vingt mèt
déplacements de l'objet, dans un système analogue à l'œil
n'amènent qu'un déplacement insignifiant de l'image qui se
jours au deuxième point focal, à peu de chose près.

2. — SYSTÈME DIOPTRIQUE DE L'ŒIL. ŒIL SCHÉMA

L'œil humain, même à l'état normal, est loin de rep
un système dioptrique centré; cependant on peut appr
vement le considérer comme tel et le ramener, par con
à un système de six points cardinaux. On a recherché p
sur un certain nombre d'yeux normaux, les rayons de
des surfaces réfringentes et l'indice de réfraction des mi
on a construit ainsi les six points cardinaux de ce qu'on
l'*œil idéal* ou *schématique* (*fig.* 191, page 767). Dans le
dioptrique de l'œil schématique, le premier milieu (
dernier (corps vitré) ayant un indice de réfraction dif
en résultera, d'après ce qui a été dit plus haut, que l
nodaux et les points principaux ne coïncideront pas.

Dans son trajet à travers les milieux réfringents de
lumière a successivement à traverser les couches suivan
née, humeur aqueuse, capsule cristalline antérieure, c
capsule cristalline postérieure, corps vitré. Les deux fa
cornée étant à peu près parallèles, la déviation subie
rayons lumineux est presque nulle; on peut donc, au
vue dioptrique, faire abstraction de la cornée et suppo
meur aqueuse arrivant jusqu'à la face antérieure de cett
brane. Le cristallin, indépendamment de sa membrane

est formé par une série de couches concentriques dont
e de réfraction est différent, mais on peut le remplacer

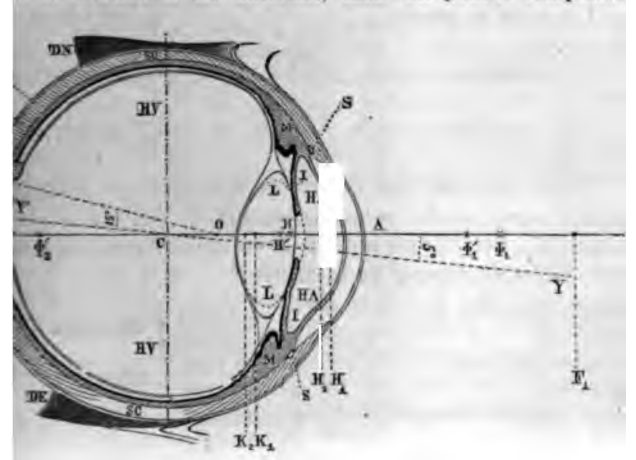


Fig. 191. — Œil schématique (coupe transversale).

œil idéal par une lentille *homogène* d'un indice de réfrac-
i produirait le même effet total. Il ne reste donc qu'à con-
les rayons de courbure de la face antérieure de la cornée
deux faces du cristallin, et les indices de réfraction de
ur aqueuse, du cristallin et du corps vitré. Ces valeurs
suivantes :

Rayons de courbure.

Cornée ; face antérieure.	8	millimètres.
Cristallin ; face antérieure	10	—
Cristallin ; face postérieure. . . .	6	—

— (Grossissement = 2). — A, sommet de la cornée. — SC, sclérotique. — Schlemm. — CH, choroïde. — I, iris. — M, muscle ciliaire. — R, rétine. — tique. — HA, humeur aqueuse. — L, cristallin (la ligne pointillée indique sa forme accommodation). — HV, humeur vitrée. — DN, muscle droit interne. — DE, muscle ne.

optique principal. — $\Phi^1\Phi^2$, axe visuel, faisant un angle de 5° avec l'axe optique. — la figure du globe oculaire.

cardinaux d'après Listing. — H^1H^2, points principaux. — K_1K_2, points nodaux. — principaux (ce sont ces points cardinaux qui sont adoptés dans ce livre).

ux d'après Giraud-Teulon. — H, points principaux fusionnés. — x pendant le repos de l'accommodation. — $\Phi'^1\Phi'^2$, foyers principaux pen- accommodation. — O, points nodaux fusionnés.

Indices de réfraction :

Humeur aqueuse	$\frac{103}{77} = 1,3379$
Cristallin	$\frac{16}{11} = 1,4545$
Corps vitré	$\frac{103}{77} = 1,3379$

Ces données une fois connues, on trouve les positions
vantes pour les six points cardinaux de l'œil idéal (fig.
page 767). Les chiffres indiquent, en millimètres, leurs dist
respectives du sommet de la cornée :

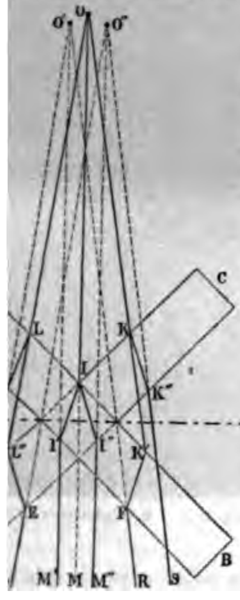
Premier point principal. . . .	H^1	2,1746	différence. . 0
Deuxième —	H^2	2,5724	
Premier point nodal.	K^1	7,2420	différence. . 0
Deuxième —	K^2	7,6398	
Foyer principal antérieur. . .	F^1	12,8326	
Foyer principal postérieur . .	F^2	22,6470	
Longueur focale antérieure . .	F^1H^1	15,0072	
Longueur focale postérieure. .	F^2H^2	20,0746	

Œil réduit. — On peut simplifier encore plus l'œil idéal
en restant dans une approximation suffisante. En effet, les
points principaux, n'étant qu'à une distance de 0mm,3978
de l'autre, peuvent être identifiés, et il en est de même des
points nodaux. On peut alors substituer à l'œil schématique
qu'on appelle l'*œil réduit*, dans lequel le point principal
2 millimètres (2mm,3448) en arrière de la cornée, et le
nodal à 7 millimètres (7mm,4969) et dont les longueurs fo
sont : l'antérieure, 15 millimètres, et la postérieure, 20
mètres. La surface réfringente, de 5 millimètres de rayon
placée à 3 millimètres en arrière de la cornée, et l'indi
réfraction du milieu réfringent égale celui de l'humeur aq
$= \frac{103}{77} = \frac{4}{3}$. On peut appliquer ainsi à l'œil réduit tout
lois qui régissent la réfraction à travers une seule s
réfringente.

Mesure de l'indice de réfraction et des rayons de courbure des milieux réfringents de l'œil. — Pour mesurer les courbures de la cornée et du cristallin, Helmholtz a imaginé un instrument, l'ophtal

permet de les déterminer, sur le vivant, avec une précision
athématique. L'ophthalmomètre d'Helmholtz est basé sur les
suivants : Quand un rayon lumineux traverse une lame de
es parallèles, il peut se présenter deux cas : 1° le rayon est
laire au plan de la plaque ; dans ce cas, il n'éprouve pas
n; 2° il tombe obliquement sur la plaque ; il subit alors
on latérale et sort dans une direction parallèle à la direction
ncident; pour un œil situé derrière la lame de verre, le
ieux sera sur le prolongement du rayon émergent parallèle
ar conséquent un *déplacement latéral* qui augmentera avec
du rayon incident.

u d'une seule lame, on prend deux lames de même épaisseur placées l'une au-dessus de l'autre, de façon qu'elles occupent la position de la ligne transversale pointillée de la figure 192, et qu'on fasse tomber au point de contact de ces deux lames un rayon OI, ce rayon se prolongera sans déviation dans la direction IM, et pour un observateur placé en M, l'objet O paraîtra simple ; si maintenant on fait tourner les deux lames de façon à leur donner la position AB, DC, le rayon OI subira une déviation, et au sortir de la lame AB prendra la direction I'M' et la direction I''M'' au sortir de la lame DC ; l'observateur situé derrière les deux lames verra l'objet O double en O' et O'', et une formule très-simple permettra de calculer la distance des deux images, connaissant le déplacement des deux lames ; cette distance est le double du déplacement déterminé par chaque lame [1].



- Principe de l'ophthalmomètre.

---

ormule est la suivante :

$$d = 2e \sin i \left(1 - \frac{\sqrt{1 - \sin^2 i}}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}\right)$$

le la distance des deux images; *e*, l'épaisseur des deux lames,
ce de réfraction.

L'ophthalmomètre d'Helmholtz (*fig.* 193) se compose d'un dont l'axe coïncide avec le plan de séparation des deux la

Si avec cet instrument on vise un objet dont on veut connaître la grandeur, BA, par exemple, il suffit de faire tourner les deux lames de façon que les deux images *ba*, *b'a'*, viennent se toucher; la grandeur de l'image BA sera donc la moitié de l'écartement des points *b'* et *a*, écartement qu'on calcule d'après le déplacement des deux lames.

Il est facile, avec cet instrument, d'obtenir les rayons de courbure des diverses surfaces réfringentes de l'œil.

Si l'on fait tomber sur l'œil, de côté, les rayons d'une flamme et que l'observateur soit placé du côté opposé, les surfaces de séparation des milieux de l'œil agissent comme des miroirs et on aperçoit trois images, *images de Purkinje* (*fig.* 194) :

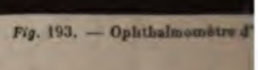
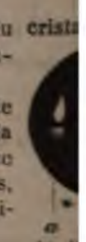


Fig. 193. — Ophthalmomètre d'

1° Une image, *a*, placée près du bord pupillaire et formée par la cornée (miroir convexe); elle est droite, de grandeur moyenne, très-lumineuse;

2° Une image, *b*, formée par la face antérieure du cristallin (miroir convexe); elle est droite, grande, peu lumineuse;

3° Une image, *c*, formée par la face postérieure du crista concave); elle est renversée, petite et d'intensité lumineuse moyenne.



La grandeur de ces images dépend du rayon de courbure des surfaces; la plus grande appartient à la face antérieure du cristallin, la plus petite à sa face postérieure. Une fois connue la grandeur des images, on calcule facilement le rayon de courbure des diverses surfaces.

L'avantage de l'ophthalmomètre est de permettre

ures sur le vivant et malgré les légers déplacements de l'œil, impossible d'éviter dans ces conditions.

ême instrument a servi aussi à mesurer les indices de réfraction eux réfringents de l'œil, en construisant avec ces différents mi- petites lentilles enchâssées dans des cavités creusées dans des verre et en déterminant les courbures de ces lentilles à l'aide thalmomètre.

— RÉFRACTION OCULAIR TRAJET DES RAYONS LUMINEUX DA L'ŒIL.

1° *Formation de l'i ige rétinienne.*

images des objets extérieu viennent se former sur la On peut constater directem it l'image rétinienne en amin- la partie postérieure de la lérotique et en plaçant l'œil erture d'une chambre noi , ou bien en se servant de un lapin albinos (Képler, Magendie). On peut même quel- la voir sur le vivant quand l'œil est peu pigmenté : on place dans une chambre noire, et on lui fait tourner la cornée angle externe, ce qui amène la partie interne de la scléro- dans la région interne élargie de la fente palpébrale ; une est tenue au côté externe de l'angle visuel, et son image, forme sur la partie interne de la rétine, est assez lumi- et assez nette pour qu'on puisse l'apercevoir à travers la tique. Cette image rétinienne peut, du reste, être observée ement à l'aide de l'ophthalmoscope.

d'abord un point situé à l'infini (une étoile, par exemple); es rayons qui en partent sont parallèles et, si l'œil est nor- *mmétrope*), iront se réunir au foyer principal postérieur, -dire à la rétine, et comme le foyer se fait exactement à membrane, il n'y a qu'un élément de la rétine impressionné. gne menée du point lumineux à l'image rétinienne passe point nodal de l'œil et constitue la *ligne de direction* de la . Pour avoir l'image d'un point, il suffira donc de mener point à la rétine une ligne droite passant par le point nodal il; l'endroit où cette ligne rencontrera la rétine indiquera ient de la rétine impressionné ou le lieu de l'image.

point se rapproche de l'œil, le foyer de ses rayons se

fait encore au foyer principal postérieur, c'est-à-dire sur la réti tant qu'il existe entre lui et l'œil une certaine distance, jusq vingt mètres environ ; mais quand cette distance diminue, foyer des rayons se fait en arrière de cette membrane, en s posant que les conditions optiques de l'œil restent les mêm Dans ce cas, l'image rétinienne n'est plus nette (voir : *Cercles diffusion*).

Si le point, au lieu d'être situé sur l'axe optique, est situé un des axes secondaires, la construction est la même ; l'image point est toujours située sur la rétine, et pour avoir l'élément cette membrane impressionné, il suffit de mener du point lu neux une ligne passant par le point nodal. On voit que, dans cas, si le point lumineux est placé au-dessus de l'axe optiq son foyer sur la rétine sera placé au-dessous (*fig.* 195, Aa, B si le point est à gauche de l'axe optique, l'image sera à dr sur la rétine ; c'est ce qu'on appelle le *renversement de l'im rétinienne*.

Avec ces données, on trouvera facilement l'image d'un ob Il n'y a qu'à joindre chacun des points de l'objet (ou ses d

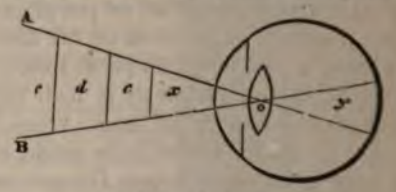


Fig. 195. — Angle visue..

extrémités) au point nodal et à prolonger les lignes de direc jusqu'à la rétine.

L'angle x (*fig.* 195), compris entre les deux lignes de direc extrêmes, est l'angle sous lequel est vu l'objet ou *angle visue*

(¹) C'est là la définition la plus commune de l'angle visuel ; mais H holtz a montré que pour les objets rapprochés la valeur de l'angle v ainsi compris n'est plus exacte. Le sommet de l'angle visuel se trouve au point d'intersection des *lignes de visée*, c'est-à-dire à 0mm,5 en a du centre de la pupille (centre de l'image cornéenne de la pupille), avant du point nodal. La *ligne de visée*, qu'il ne faut pas confondre av ligne de direction, est la ligne qui passe par le centre de la tache jau centre de l'image pupillaire et un point de l'espace. Quand deux poin l'espace sont fixés *l'un après l'autre*, le sommet de l'angle visuel qu'i terceptent se trouve au centre de rotation de l'œil.

randeur de l'angle visuel dépend de deux conditions : de la ideur de l'objet et de sa distance de l'œil. A distance égale, randeur augmente avec la grandeur de l'objet ; à grandeur e, il diminue avec la distance de l'objet. On voit par la re que des objets de grandeur inégale, *c*, *d*, *e*, placés à des nces différentes, peuvent être vus sous le même angle visuel *x*. s la figure 195, les deux triangles qui ont leur sommet en *o* ur base, l'un à l'objet, l'autre à l'image rétinienne, sont sem- les ; on a ainsi le moyen de connaître la grandeur de l'image ienne quand on connaît la grandeur de l'objet et sa dis- e du point *o*. En effet, soit G la grandeur de l'objet, D sa nce au point nodal *o*, D' la distance de la rétine au point al = 15 millimètres, la grandeur de l'image rétinienne I sera née par la formule suivante : $I = \frac{G + 15}{D}$.

uand l'angle visuel descend au-dessous d'une certaine limite, sion des deux points extrêmes de l'objet n'est plus distincte s deux sensations n'en forment plus qu'une. Cet angle visuel mum est de 60 secondes. Il correspond sur la rétine à une e ayant environ $0^{mm},004$, ce qui est à peu près la grandeur éléments (cônes) de la rétine. Il faut donc que deux objets t vus sous un angle visuel plus grand que 60 secondes qu'ils soient distincts ; au-dessous, ils donnent la sensation seul point.

cuité de la vue est en raison inverse de l'angle visuel ; elle nue quand l'angle visuel augmente. La grandeur des plus s images rétiniennes perceptibles varie suivant les indivi- des images rétiniennes infiniment petites, comme celles des s fixes, sont encore perçues, quoiqu'elles n'impressionnent point infinitésimal d'un élément rétinien. Dans de bonnes itions, on reconnaît encore des corps ayant de $^1/_{40}$ à $^1/_{100}$ de ; les corps ronds peuvent être vus sous un angle de 30 à 20 des ; pour les fils, cet angle tombe à 3 secondes ; pour des rillants, on peut avoir $^1/_2$ de seconde et même moins.

r déterminer les plus petites grandeurs perceptibles, on peut se de lignes (ou de fils) blanches ou noires parallèles ou de toiles 'on éloigne plus ou moins de l'œil.

rer l'acuité de la vision, on emploie des lettres de diffé- ndeurs qu'on fait lire sous un angle visuel déterminé à

une distance *d*. Jæger, Giraud-Teulon, Snellen, etc., ont dressé à ce but des échelles de caractères typographiques; les chiffres pl au-dessus des caractères donnent en pieds de Paris la distance l laquelle un œil normal les distingue sous un angle de 5 min L'acuité de la vision, A, est exprimée par la formule : $A = \frac{d}{D}$. (t $d = D$, on considère l'acuité de la vue comme normale.

Voici quelques spécimens de caractères de ces échelles typ phiques :

III.

C E G L N P R T V Z B D 3

IV.

V Z B D F H K O S U

VI.

N P R T V Z B D F H K O 6

XV.

S U Y A C E G

D'après ce qui vient d'être dit, les caractères de l'image nienne sont donc les suivants :

1° Elle est renversée;

2° Elle est nette quand les différents points de l'objet fo leur foyer exactement à la rétine;

3° Sa grandeur dépend de l'angle visuel.

2° *Images de diffusion sur la rétine.*

Quand les rayons partant de l'objet ou du point lumin viennent pas former leur foyer exactement à la rétine, l

oint ou de l'objet n'est pas nette et il se forme ce qu'on ap-
des *cercles de diffusion*.
it un point A (*fig.* 196); les rayons lumineux une fois en-
lans l'œil constituent un faisceau lumineux ou un cône dont

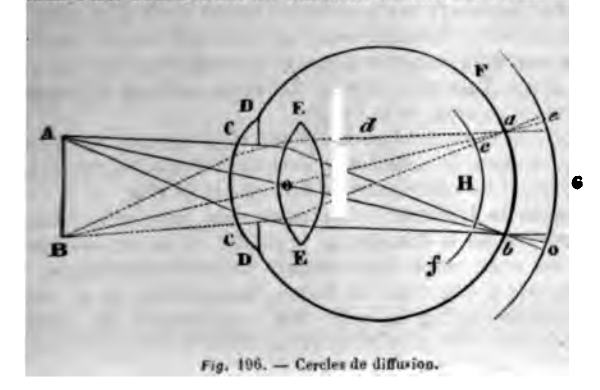


Fig. 196. — Cercles de diffusion.

e est à la pupille et le sommet à la rétine. La forme du
au dépend de la forme même de la pupille; si celle-ci est
aire, c'est un cône; si elle est triangulaire, c'est une pyra-
à trois pans, etc. Si le faisceau lumineux, au lieu de for-
son foyer à la rétine, le forme en avant ou en arrière de
membrane, autrement dit si la rétine a la position G ou H,
oupe le faisceau lumineux et le point paraîtra, suivant le
s forme de cercle ou de triangle lumineux, plusieurs élé-
de la rétine étant impressionnés.

s le cas d'un objet, il en est de même; chaque point de
envoie des rayons à des éléments différents de la rétine, et
e élément de la rétine reçoit des rayons venant de points
nts de l'objet, ce qui rend l'image confuse et lui enlève sa
é.

grandeur des cercles de diffusion dépend d'abord de la dis-
de l'image nette (ou du foyer des rayons) à la rétine : plus
er s'éloigne de la rétine, plus le cercle de diffusion est
a, ce que démontre un coup d'œil jeté sur la figure 196;
épend en second lieu de la grandeur de la pupille : plus la
le se rétrécit, plus la section du faisceau lumineux et, par
e cercle de diffusion diminuent.

e des cercles de diffusion explique pourquoi nous ne



vent acquérir assez de netteté pour devenir facilement
ce que prouvent les expériences de Scheiner et de Mile

Expérience de Scheiner. — On perce dans une c
plus rapprochés que le diamètre de la pupille, et on r
œil, par ces deux trous, une épingle placée verti
deux trous sont à côté l'un de l'autre, horizontalem
trous sont au-dessus l'un de l'autre. Soit l'épingle en *a*

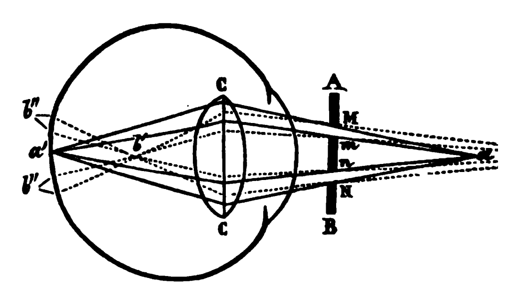


Fig. 197. — Expérience de Scheiner.

la fixe, elle paraît simple, son image allant se faire en
Mais si l'on fixe un objet plus rapproché ou, ce qui rev
on l'éloigne de l'œil et qu'on la place en *b*, l'épingle pa
est de même si on la rapproche de l'œil en deçà de *a*. I
rience, si l'œil ne s'accommode pas (voir : *Accommoda*
coïncider sur la rétine les rayons *b''*, *b''*, c'est que ces
des images nettes, à cause de la minceur des pince
qu'on ne sent pas le besoin d'accommoder.

l'écran, l'image lumineuse de même nom a' disparait sur l'écran F
mmodation éloignée), l'image de nom contraire a'' sur l'écran D

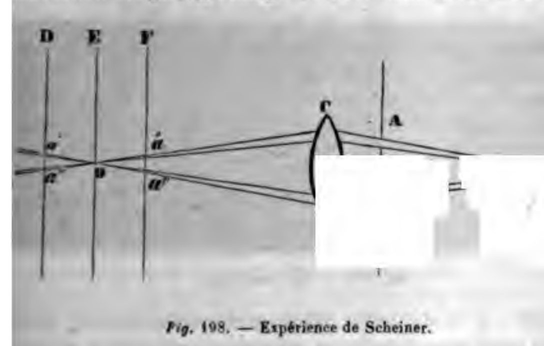


Fig. 198. — Expérience de Scheiner.

mmodation rapprochée). Suppos... des écrans F et D, que
la rétine qui reçoive l'imag... aura lieu à cause du
sement des images rétiniennes ..., situé en haut, sur la
F, sera vu en bas et réciproquement. Donc, dans l'accommodation
chée D, c'est l'image de même nom qui disparaîtra; dans l'accom-
ion éloignée F, ce sera l'image de nom contraire. Si au lieu de
rous on perce trois trous dans la carte, on verra trois épingles au
une

érience de Mile. — Si l'on perce une carte avec un seul trou
quel on fixe une épingle et qu'on imprime un mouvement de
ient à la carte, l'épingle paraît immobile ; mais si on fixe un point
loigné, l'épingle paraît se mouvoir en sens inverse de la carte ; si
un objet plus rapproché, elle se meut dans le même sens. La
198 donne l'explication de ce fait. Le trou de la carte se place
sivement en A et en B. Quand il se meut de B en A, si la rétine
F (accommodation éloignée), l'image va de a'' en a', c'est-à-dire
même sens sur la rétine, et par conséquent paraît aller en sens
ire à cause du renversement des images ; si la rétine est en D
modation rapprochée), l'image rétinienne va de a' en a'', c'est-à-
sens contraire du mouvement de la carte, et par conséquent pa-
er dans le même sens.

3° *Emmétropie et amétropie.*

normal ou *emmétrope* (*fig.* 199, p. 778), le foyer prin-
...ur se trouve à la rétine et les rayons parallèles venant

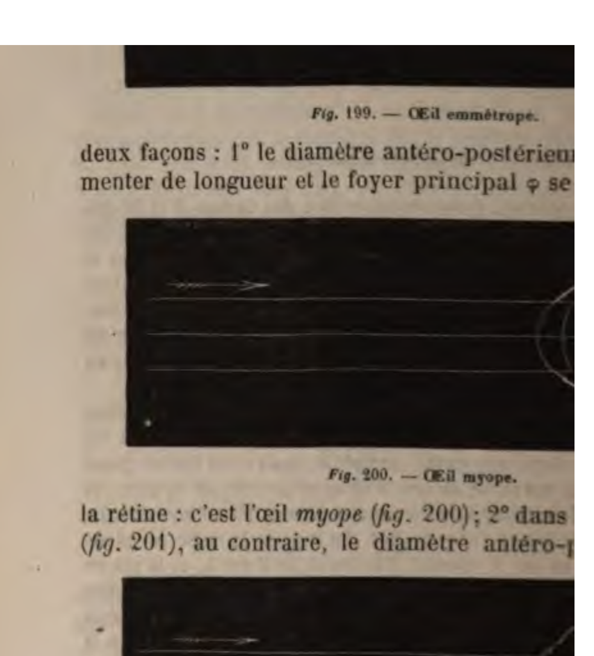


Fig. 199. — Œil emmétrope.

deux façons : 1° le diamètre antéro-postérieur
menter de longueur et le foyer principal φ se

Fig. 200. — Œil myope.

la rétine : c'est l'œil *myope* (*fig.* 200) ; 2° dans
(*fig.* 201), au contraire, le diamètre antéro-

[redacted]

eil emmétrope, le point le plus éloigné de la vision distincte, *remotum*, est situé à l'infini; mais en deçà de l'infini et jus- :ertaine distance (65 mètres environ), les rayons peuvent en- considérés comme parallèles et font leur foyer à la rétine. tir de ce point, le foyer se fait en arrière de la rétine et l'ac- ion doit intervenir pour que la vision soit distincte.

eil myope, le point le plus éloigné de la vision distincte varie degré de la myopie, c'est-à-dire suivant la position du foyer A cette distance (*punctum re* a vision distincte se e myope sans accommodation; es objets situés entre *m remotum* et l'infini, il faut e lentille biconcave ente. Dans l'œil hypermétrope, parallèles venant de ment déjà leur foyer en arrière a rétine; il n'y a donc pas de *punctum remotum*, et la vi . ne sera distincte pour au- sans accommodation préalable our rendre l'œil emmétrope, uter une lentille biconvexe ou nvergente. Dans l'eau, l'œil normément hypermétrope; ch ssons, la correction ar la forte courbure du cristall

d pour mesure de l'amétropi pouvoir réfringent d'une onvergente ou divergente) qui rend l'œil emmétrope. Ainsi, si il myope dont le *punctum remotum* soit à 9 pouces, pour ette myopie et rendre l'œil emmétrope, il faudra un verre di- e 9 pouces de longueur focale; le degré de la myopie M sera $\frac{1}{9}$. il hypermétrope, il faudrait un verre convergent de 9 pouces ur focale.

esurer la distance du *punctum remotum*, on cherche, par des :c des verres convergents ou divergents, le verre qui rend dis- ision d'un objet éloigné de grandeur proportionnée à la dis- exemple les caractères d'imprimerie des échelles typogra- la longueur focale du verre indique en pouces de Paris la ositive (myopie) ou négative (hypermétropie) du *punctum re-* foir aussi : *Optométrie*.)

4° *Aberration de sphéricité de l'œil.*

upposé jusqu'ici que, dans l'œil emmétrope, tous les arallèles partant de l'infini allaient former leur foyer *ul point* qui se trouvait sur la rétine. En réalité, il n'en et l'œil n'échappe pas à l'aberration de sphéricité.

phéricité se divise en aberration transversale et longitudinale.

A. *Aberration transversale de sphéricité* (*fig.* 202). — Soit une sur réfringente sphérique IAK ; si on mène une série de plans coupant

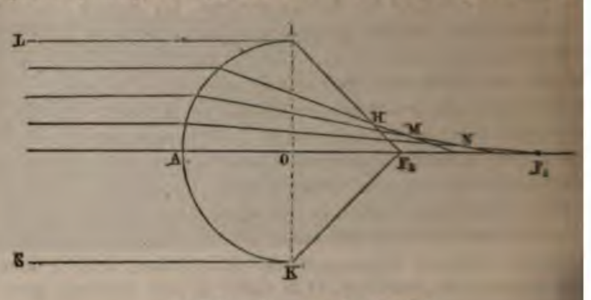


Fig. 202. — Aberration de sphéricité.

pendiculairement à l'axe le système réfringent, chacun de ces coupera la surface réfringente suivant une circonférence perp culaire à l'axe. Tous les rayons lumineux qui aboutissent d'un p cette circonférence feront leur foyer sur un même point de l'axe cipal F^2, par exemple, pour la circonférence déterminée par l sécant IK. Pour les circonférences plus rapprochées du somme la surface réfringente, le foyer se fera plus loin, jusqu'en F_1. O donc, pour le système des circonférences perpendiculaires à l'ax série de foyers disposés sur une ligne ; la *caustique* sera liné placée sur l'axe.

B. *Aberration longitudinale de sphéricité.* — Pas plus que les r provenant des différentes circonférences, les rayons provenan même méridien ne forment leur foyer en un seul point. Soit le dien IAK (*fig.* 202) ; les rayons réfractés dans ce méridien se c en H, M, N, etc., suivant une ligne courbe, et le système des c focales ainsi formées par les divers méridiens représente une s *caustique de réfraction* dont la forme rappelle celle d'un pavil cor (*astigmatisme irrégulier*).

L'aberration longitudinale existe non-seulement pour les divers d'un même méridien, mais encore pour les différents méridiens l par rapport aux autres. C'est à cette aberration de sphéricité d que correspond ce qu'on a appelé l'*astigmatisme régulier de l'œ* Young.)

Enfin, ce qui complique encore l'aberration de sphéricité de l l'astigmatisme, c'est que les courbures du cristallin ne sont pas e ment centrées avec celles de la cornée.

L'œil présente donc à la fois aberration transversale de sphé astigmatisme irrégulier et astigmatisme régulier.

L'aberration transversale de sphéricité et l'astigmatisme irré

[redacted]

ıt corrigés par des dispositions spéciales du système

pte les rayons extrêmes les plus fortement réfractés;
de la cornée, au lieu d'être sphérique, se rapproche
en résulte que les rayons les plus éloignés de l'axe
ı;
présente des couches successives dont le pouvoir
e du centre à la circonférence; d'où déviation moindre
ıs éloignés de l'axe.

régulier. — Les courbures des différents méridiens de
: pas égales. Pour prendre le cas le plus simple,
)3) que le méridien vertical V'AV ait une plus forte

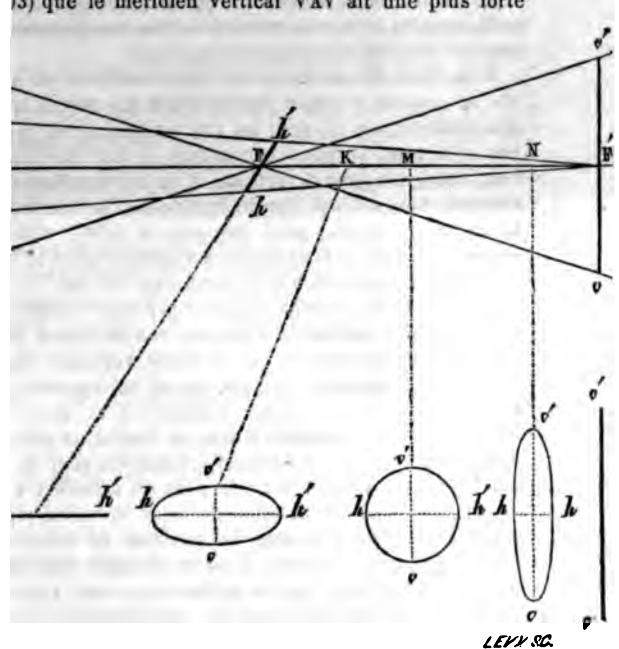


Fig. 203. — Astigmatisme régulier.

lus petit rayon que le méridien horizontal H'AH, et
ur la surface un faisceau de rayons parallèles; les
ent sur le méridien V'AV iront former leur foyer au
tombent sur le méridien horizontal H'AH au point F'.
fracté par une surface ainsi construite a une forme
ıt limité par une surface *gauche*, c'est-à-dire qui ne

petit rayon et le pouvoir réfractif le plus considérabl
explique plusieurs phénomènes optiques.

Si on trace sur un carton une ligne verticale et
tale se croisant à angle droit et qu'on les place à l
sion distincte, on ne peut les voir nettement en n
voir nettement la ligne horizontale, il faut rappr
l'œil, l'éloigner pour la verticale. Il en est de même
croisent, l'un vertical, l'autre horizontal; si l'on v
horizontal, il faudra, pour voir avec la même net
éloigner celui-ci de l'œil; si l'on accommode pour le
au contraire rapprocher le fil horizontal de l'œil.

Si on regarde un point lumineux par deux fentes
mètre environ, taillées dans un morceau de carton
droit, quand on regarde par la fente verticale c
davantage l'écran de l'œil que quand on regarde
zontale.

Soit un point lumineux : il sera vu comme un po
tement accommodé; si l'œil est accommodé pour l
point paraîtra allongé dans le sens du méridien
focale; quand il est accommodé pour la vision r
paraît allongé dans le sens du méridien de cour
c'est-à-dire qu'en général, dans le premier cas,
d'un trait horizontal, dans le second d'un trait ver
un point lumineux par un trou de carte très-fin, et
de l'œil, le sens de l'allongement du point donne l
dien de la plus forte courbure.

Des lignes disposées comme les rayons d'une ro
nettement en même temps; en rapprochant la fig
qui apparaît distinctement en premier lieu correspo
a le maximum de courbure; en continuant à la ran

e ligne verticale paraît plus longue qu'une ligne horizontale, un paraît un rectangle, un cercle a la forme d'une ellipse, etc., et, néral, les objets paraissent allongés dans le sens du méridien de s courte longueur focale (ordinairement le méridien vertical).

stigmatisme peut exister non-seulement pour la cornée, mais le cristallin, et l'astigmatisme de l'œil est la somme des astigma- s de la cornée et du cristallin, astigmatismes qui, du reste, peu- se composer ou (plus souvent) s'additionner. L'asymétrie de la e est, en général, plus considérable que celle du cristallin.

stigmatisme se mesure à l'aide d'instruments spéciaux, tels que *tille astigmatique* de Stokes, l'*optomètre binoculaire* ou *astigmo-* de Javal, etc., pour lesquels je renvoie aux traités d'oculistique. degré de l'astigmatisme régulier se mesure par la différence de la de réfraction des deux méridiens principaux, soit $As = \frac{1}{f'} - \frac{1}{f^2}$, quant la plus grande longueur focale et f^2 la plus petite. La cor- n de l'astigmatisme se fait par des verres cylindriques qui n'a- t que suivant un des méridiens principaux ; on prend pour e de l'astigmatisme le pouvoir réfringent $\frac{1}{f}$ de la lentille cylin- qui, ajoutée au méridien du minimum de courbure, en rend la ur focale égale à celle du méridien du maximum de courbure. le degré d'astigmatisme ne dépasse pas $\frac{1}{40}$, il est considéré normal et ne nécessite pas l'emploi de verres cylindriques.

5° *Aberration de réfrangibilité de l'œil.*

supposé jusqu'ici que l'œil était absolument achromatique ; en réalité, il n'en est rien, même pour l'œil normal ou trope. Il en résulte que les différents rayons, étant inéga- t réfrangibles, vont former leur foyer sur des points nts.

un faisceau de lumière blanche arrivant sur un système réfrin- les divers rayons, étant inégalement réfrangibles, se *dispersent* 4, p. 784); les rayons violets, les plus réfrangibles, forment leur n *o*, les rayons rouges, moins réfrangibles, en *c*, et les rayons in- iaires auront leur foyer sur l'axe entre *o* et *c*. Si l'on place un en *o*, on aura une série de cercles concentriques dont le centre olet et le cercle périphérique rouge, les cercles intermédiaires rayons intermédiaires du spectre. Si, au contraire, on

au delà de la distance de la vision distincte. mière

Si on regarde un point lumineux, une bougie, pa
un verre bleu-cobalt qui ne laisse passer que les r
rayons violets, si on accommode pour les rayons
rapproche, la flamme paraît violette et entourée
si on accommode pour les rayons rouges ou qu'on
est rouge et le cercle extérieur violet. Soit encore
visible à la lumière blanche; si on l'éclaire avec d
il faudra le rapprocher de l'œil, pour qu'il soit
faudra l'en écarter, au contraire, s'il est éclairé ave
lette. Le meilleur moyen est de prendre comme
lequel sont gravées des divisions et qu'on fixe en
rière avec de la lumière colorée. La même chose a
blanche ; si on fixe un barreau de fenêtre qui se d
un ciel nuageux fortement éclairé, et qu'on couvre
de la pupille avec une carte, le barreau paraît limi
rieure par une ligne jaune-orangé, à sa partie infé
bleue; c'est l'inverse si on couvre la moitié sup
avec la carte.

Des surfaces rouges paraissent plus rapproché
violettes situées dans le même plan, parce que l'
fortement pour les premières et qu'on en conclut
tance.

Le chromatisme de l'œil explique la fatigue qu
on veut voir nettement et à la fois plusieurs obje
rente, par exemple des lettres ou des dessins roug
lettres ou les dessins paraissent s'agiter (*cœurs ag*

6° *Irrégularités dans les milieux*

des corpuscules opaques qui projettent leur ombre sur
Il en est de même pour les couches de la rétine anté-
la couche impressionnable (membrane de Jacob). De là,
çant dans certaines conditions, des phénomènes dits
s, qui se divisent en phénomènes entoptiques extra-
et phénomènes entoptiques intra-rétiniens.

omènes entoptiques extra-rétiniens. — Ils reconnaissent
des corpuscules opaques situés dans les milieux réfringents
bituellement l'ombre portée sur la rétine par ces corpus-
e inaperçue, d'abord parce que ces opacités n'arrêtent le
e d'une petite partie des rayons lumineux partis d'un point,
ce que leur opacité n'est jamais absolue; cependant, en se
s certaines conditions, on peut déterminer la vision entop-
s objets. Il suffit pour cela de prendre une source de lumière
et de la placer au foyer antérieur de l'œil. On fait converger
ntille les rayons lumineux d'une lampe sur le trou d'une
(*fig.* 205) placée au foyer antérieur 1 de l'œil. Les rayons

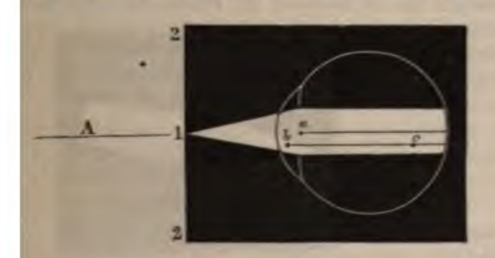


Fig. 205. — Phénomènes entoptiques extra-rétiniens.

du point 1 sont parallèles dans le corps vitré et forment
n faisceau cylindrique dont la section a la grandeur de la
cercle de diffusion qui éclaire la rétine (champ lumineux
a la même grandeur et la même forme que l'ouverture
si le point lumineux était situé au delà du foyer antérieur,
mineux entoptique serait plus petit que la pupille; il serait
si le point lumineux était entre l'œil et le foyer antérieur.
s opaques placés sur le trajet du faisceau lumineux projet-
nbre sur le champ entoptique rétinien et forment des ima-
nettes pour qu'on puisse distinguer leurs contours; ces
t toujours renversées et d'autant plus nettes que les objets
approchés de la rétine. Dans le cas où la source de lumière
r principal, l'image a la même grandeur que l'objet; elle est

plus petite si le point lumineux est au delà du foyer principal, grande s'il est entre le foyer principal et l'œil.

Ces corpuscules opaques peuvent se trouver dans les différents mili réfringents, et se présentent sous les formes suivantes : 1° stries et gou lettes (humeurs et poussières situées sur la face antérieure de la cor 2° stries et lignes onduleuses, ou taches tigrées des lames de la cor 3° taches perlées (mucosités) de l'humeur aqueuse ; 4° taches obscu bandes claires, en étoile, lignes rayonnées obscures du cristal 5° corps mobiles, cercles, cordons de perles, plis du corps vitr *mouches volantes*. Certains corpuscules sont mobiles, telles sont stries dues aux humeurs de la cornée et les mouches volantes corps vitré ; d'autres sont immobiles, comme les opacités du cristal

On peut déterminer facilement la position des corpuscules opaq dans l'œil par la direction du mouvement apparent de l'image. En soient trois objets *a*, *b*, *c* (*fig.* 205, p. 785) situés, *a*, dans le plan d pupille, *b*, en avant, et *c*, en arrière de la pupille ; ils font leur im sur le champ lumineux de la rétine à l'endroit où les lignes qui en p tent rencontrent cette membrane. Si maintenant on déplace le p lumineux 1 comme dans la figure 206, le faisceau lumineux devien

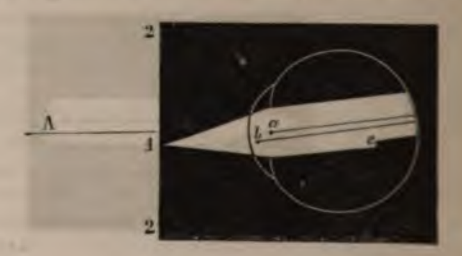


Fig. 206. — Position des corpuscules opaques dans l'œil.

oblique et les images des trois objets *a*, *b*, *c*, changeront de posi pour le corps *a*, situé dans le plan pupillaire, l'image conserve la m position par rapport au champ lumineux et ne subit pas de d cement apparent ; l'image du point *b*, situé en avant de la pupi rapproche du centre du champ lumineux et par conséquent se d de bas en haut sur la rétine, ce qui, par suite du renverseme images, donne un déplacement apparent de haut en bas, c'est- *dans le même sens* que la source lumineuse ; l'image du point contraire, s'est rapprochée du bord inférieur du champ lumin s'est déplacée de haut en bas sur la rétine, ce qui donne un dé ment apparent de bas en haut, c'est-à-dire *en sens inverse* du m ment du point lumineux.

Phénomènes entoptiques intra-rétiniens. — Les couches vascu-
s de la rétine sont situées en avant de la membrane de Jacob et
;lobules sanguins peuvent par conséquent, dans certaines condi-
, porter leur ombre sur la membrane impressionnable rétinienne.
eut employer trois méthodes principales pour percevoir la circu-
ı rétinienne sur soi-même.

On concentre la lumière solaire en un point de la surface externe
ι sclérotique, le plus éloigné possible de la cornée, de manière à
er, sur la sclérotique, une image petite et très-éclairée de la
ce lumineuse. Si on regarde alors un fond obscur, le champ
el paraît éclairé par une lumière rouge jaunâtre diffuse sur la-
le se projette le réseau sombre des vaisseaux rétiniens ; si on fait
voir la source de lumière, le réseau vasculaire paraît se mouvoir
le même sens.

On dirige le regard vers un fond obscur et on place soit à côté,
au-dessus de l'œil, une lumière à laquelle on donne un mouve-
t de va-et-vient. Le réseau vasculaire ne tarde pas à apparaître
m fond clair.

On regarde le ciel à travers une ouverture étroite à laquelle on
e un rapide mouvement de va-et-vient. Le réseau vasculaire
raît alors sur un fond clair et se meut dans le même sens que
erture. L'étroitesse de l'ouverture a pour but de diminuer l'étendue
ombre portée par les vaisseaux et de lui donner par suite plus
tteté.

Müller a mesuré par ces différents procédés la distance qui
e les vaisseaux qui portent ombre sur la couche rétinienne sen-
et est arrivé à trouver ainsi, que la couche sensible est constituée
s cônes et les bâtonnets.

rordt a employé ce procédé pour mesurer la vitesse de la circu-
ı dans les capillaires; il l'a trouvée ainsi de $^1/_2$ à $^3/_4$ de millimètre
econde.

Absorption et réflexion des rayons lumineux dans l'œil. Lueur oculaire.

ıand les rayons lumineux ont ainsi traversé les milieux
ıngents pour arriver à la rétine, que deviennent-ils quand
ınt impressionné cette membrane ? La plus grande partie de
rayons est absorbée par la choroïde et transformée en cha-
(?) ; mais tous ne le sont pas; une petite partie est réfléchie
ort de l'œil (*lueur oculaire*). Cette réflexion semble, au
r abord, incompatible avec ce fait que la pupille d'un

rétine n'est pas une source de lumière, l'œil obse
recevoir de rayons et sa pupille paraît noire.

Si la pupille de l'albinos paraît rouge, c'est que
sence de pigment, sa choroïde et sa sclérotique
verser par la lumière qui vient de côté, et ces ray
travers la pupille arrivent à l'œil de l'observate
place devant l'œil de l'albinos une carte percée
grandeur de la pupille, cette pupille paraît noire c
yeux ordinaires, la carte empêchant les rayons la
nétrer dans l'œil. Chez les individus modérément
peut même, comme chez l'albinos, voir le fond
pille rouge) en faisant arriver latéralement sur l'œ
assez intense pour que des rayons lumineux pui
ainsi la sclérotique.

Sur un œil myope ou sur un œil qui n'est pas acc
tement pour une source lumineuse, la lueur oc
visible pour l'œil de l'observateur ; en effet, dans
de la source lumineuse et celle de la pupille de
ne se formant pas exactement à la rétine, il se fai
de diffusion au lieu de deux images nettes, et si ce
de diffusion coïncident en partie, la pupille de l'œ
peut recevoir des rayons lumineux réfléchis par l
observé.

C'est sur ce fait qu'est basée l'*ophthalmoscopie* (Hel
l'examen du fond de l'œil. On éclaire le fond de l'œ

scopes ainsi que la théorie de l'ophthalmoscopie ne rentrent pas ns le cadre de ce livre (voir les traités d'oculistique).

Chez certains animaux, chats, chiens, etc., le fond de l'œil présente e région dépourvue de pigment et très-réfléchissante (*tapetum* ou *pis*), de sorte que la lumière réfléchie par le fond de l'œil s'aperçoit ès-facilement, pour peu que les conditions soient favorables. Dans bscurité absolue, le tapis ne renvoie aucune lumière.

4. — ACCOMMODATION.

1° *Caractères de l'accommodation.*

On a vu plus haut que les milieux réfringents de l'œil constuent un système dioptrique dans lequel les rayons lumineux vent complétement les lois physiques. Si nous prenons l'œil rmal, emmétrope, cet œil est disposé pour que les rayons rallèles venant de l'infini fassent exactement leur foyer à la ine. Mais à mesure que le point lumineux se rapproche de l'œil, foyer se fait en arrière de la rétine[1], et la vision ne serait nette, à cause des images de diffusion, si un appareil partier n'intervenait et ne modifiait la réfringence des milieux de ière à faire tomber le foyer sur la rétine.

a preuve que l'œil n'est pas accommodé au même moment r des distances différentes est facile à donner. Si on place sur règle deux épingles à une certaine distance l'une de l'autre u'on les vise en plaçant l'œil dans l'axe de la règle, il est ossible de les voir nettement en même temps ; pendant que

---

[1] Le tableau suivant, emprunté à Listing, montre à quelle distance en re de la rétine se fait l'image pour les différentes distances de l'objet il :

Distance de l'objet à l'œil.	Diamètre du cercle de diffusion sur la rétine.	Distance de l'image en arrière de la rétine.
—	—	—
Infini ∞	0mm,000	0mm,000
65m,00	0 ,001	0 ,005
25 ,00	0 ,002	0 ,01
6 ,00	0 ,011	0 ,05
[illegible]	0 ,02	0 ,1
[illegible]	0 ,08	0 ,4
18	0 ,3	1 ,6
,08	0 ,6	3 ,4

que les objets éloignés; enfin, dernière preuve d
de l'œil emmétrope pour les objets éloignés,
l'appareil de l'accommodation par l'instillation
l'œil, les objets éloignés sont seuls vus nettemen

Les rayons parallèles venant de l'infini ne s
qui fassent leur foyer à la rétine; jusqu'à 65 mè
rayons qui partent des objets peuvent être c
parallèles et la vision de ces objets est nette sans
d'accommodation.

Mais à partir de cette distance de 65 mètres (v
Listing, page 789), l'appareil d'accommodation
l'effort d'adaptation est d'autant plus énergiqu
des objets à l'œil se rapproche. Enfin il arrive
l'effort d'accommodation a atteint son maximu
limite de visibilité des objets rapprochés; c
proximum de la vision distincte. Plus près de l'
trouble, le foyer ne peut plus se faire à la réti
des cercles de diffusion. Ce *punctum proxim*
distincte, qui correspond au maximum d'acco
être apprécié en prenant comme objet un poi
cela le *punctum proximum* varierait avec la g
En général, il se trouve à 12 centimètres de l'œil
du *punctum proximum*, voir : *Optométrie.*)

Le *punctum remotum* correspond donc au r
modation et au minimum de pouvoir réfri
punctum proximum au maximum de l'acco

um d'accommodation et ferait voir nettement un objet au
m proximum. Cette puissance d'accommodation a pour
e : $\frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{f}$, f désignant la longueur focale de la len-
la distance du *punctum proximum*, R celle du *punctum*
m ; dans l'œil emmétrope, R étant à l'infini, le pouvoir
nmodation est représenté par $\frac{1}{P} = \frac{1}{f}$.

s ne sommes pas accommodés pour une seule distance,
our une série de points situé 'un derrière l'autre ; la ligne
nt ces points a été appel *l'accommodation*. Sa
ur augmente à mesure qu'a a distance des objets
Pour les objets très-rapprochés, cette ligne d'accommo-
est très-courte et le moindre déplacement les rend indis-

40 ans, bien avant même, suivant quelques auteurs, le
r accommodatif diminue ; le *punctum proximum* s'éloigne
l, et par conséquent la latitude d'accommodation décroît.
la distance de P dépasse 22 centimètres, il y a *presbytie*
sbyopie ; les travaux à des ouvrages fins, surtout le soir,
ipossibles. La presbytie augmente peu à peu avec l'âge.
is, le pouvoir d'accommodation = 0.

l'amétropie, l'accommodation présente des caractères particu-
ez le myope, où le *punctum remotum* est en deçà de 65 mètres,
le d'accommodation peut cependant être plus grande que chez
rope, le point P étant, en général, plus rapproché de l'œil. Ce
peut cependant (comme par les progrès de l'âge) s'écarter de
alors la myopie se complique de presbytie. Dans l'hypermé-
l'œil est déjà obligé d'accommoder pour la vision à l'infini ;
iétrope commence avec un déficit d'accommodation ; le pouvoir
odatif atteint très-vite son maximum, et le point P est en général
oigné de l'œil ; aussi l'hypermétrope ne voit-il pas distincte-
s objets rapprochés et sa latitude d'accommodation est-elle
écie.

nétrie. — Les *optomètres* sont des instruments qui servent
lement à l'appréciation du *punctum remotum* et du *punctum*
m, ainsi qu'à celle des divers degrés d'astigmatisme de l'œil.
s optomètres les plus simples consistent en une épingle, ou un
al, ou un réseau de fils très-fins mobiles le long d'une règle

utres, comme l'*optomètre de Stampfer*, reposent sur le prin-

cipe de l'expérience de Scheiner (voir page 776) et servent

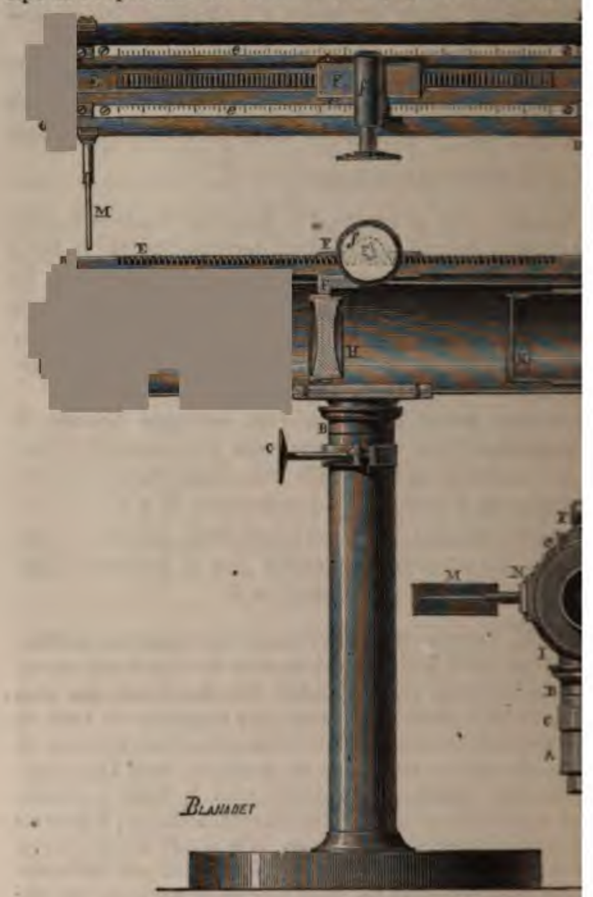


Fig. 207. — Optomètre de Perrin et Mascart.

Fig. 207. — L'appareil est représenté vu d'en haut, vu en coupe et vu de
port. — B, tirage pour élever l'appareil. — C, collier avec vis de pression
métallique formant le corps de l'optomètre. — E, crémaillère. — *e*, *e*, double ré
nant l'état de la réfraction. — F, glissière munie d'un index et portant une
située dans le corps de l'instrument. — *f*, pignon qui commande la crémaillère
voir la glissière F. — G, œilleton derrière lequel est placé l'oculaire consistant
convergente. — H, lentille divergente. — I, cadran fixé au tuyau. — J, cadre
porte-objet et à tranche divisée en degrés. — K, objet. — L, petit tube porte-ob
à charnière et à tirage.

proximum. C'est la distance à laquelle un objet (ligne lumi-
vu simple à travers deux fentes parallèles.
un grand nombre d'optomètres plus compliqués, tels que
Græfe, Burow, Ruete, Hasner, Javal, etc. La figure 207 repré-
omètre de Perrin et Mascart, dont j'emprunte la description
(*Physique médicale de Wundt*).
ument se compose d'un tube cylindrique en cuivre, portant
ses extrémités, en G, une lentille convergente qui sert d'ocu-
tre extrémité un objet, K, dessiné sur verre noirci et éclairé
arence. Dans l'intérieur du tube se trouve une lentille con-
une longueur focale plus courte que celle de la lentille con-
t qui peut être déplacée depuis l'objet jusqu'à l'oculaire, à
pignon, *f*, agissant sur une crémaillère, E. Selon la position
upe par rapport à l'objet, la lentille négative imprime aux
ineux émanés de ce dernier des directions telles, qu'en sor-
culaire ces rayons présentent à volonté tous les degrés de
ce ou de divergence qui conviennent aux différentes formes
e (hypermétropie et myopie) et aux divers états anormaux
modation (presbytie, spasme ciliaire, etc.). Un index fixé à
F, qui entraîne la lentille concave, affleure une règle gra-
uces, *e*, *e*, et donne, par une simple lecture, l'état de la

les typographiques. — *a*) Pour apprécier le *punctum remo-*
ace les lettres de l'échelle à 20 pieds, et on cherche le plus
concave ou le plus fort verre convexe qui les fait voir dis-
. La distance focale du verre donne de suite le *punctum*
herché. *b*) Pour apprécier le *punctum proximum*, on cherche
ble distance à laquelle est vu distinctement le caractère le
s échelles typographiques. Cette appréciation présente des
à cause de la fatigue de l'accommodation.

2° *Mécanisme de l'accommodation.*

nutile aujourd'hui d'entrer dans le détail des diverses
ns données du mécanisme de l'accommodation. On sait
n certaine que le cristallin y joue le principal rôle, et
on (*aphakie*) abolit immédiatement la faculté d'accom-
. (De Græfe.)
adaptation (*fig.* 208, A, p.794), le cristallin devient plus
le pouvoir réfringent de la lentille augmente, et le foyer
s lumineux est reporté en avant de façon qu'il se fait
ine.

Pour démontrer ce changement de courbure du cristalli
s'est servi des images de Purkinje, déjà étudiées à propos
mensuration des courbures de l'œil (voir page 770). Si on
sure à l'ophthalmomètre les trois images dans un œil qui re
un objet très-éloigné et qu'on les mesure ensuite en
regarder un objet très-rapproché sans changer la directi
regard, on voit que l'image cornéenne ne se modifie pa
l'image de la face antérieure du cristallin devient plus
plus nette et se rapproche de la précédente, enfin que l
de la face postérieure du cristallin devient un peu plus
donc, la courbure de la cornée ne change pas ; celle de
antérieure du cristallin augmente ; celle de sa face post
augmente aussi, mais d'une très-faible quantité (*fig.* 208).

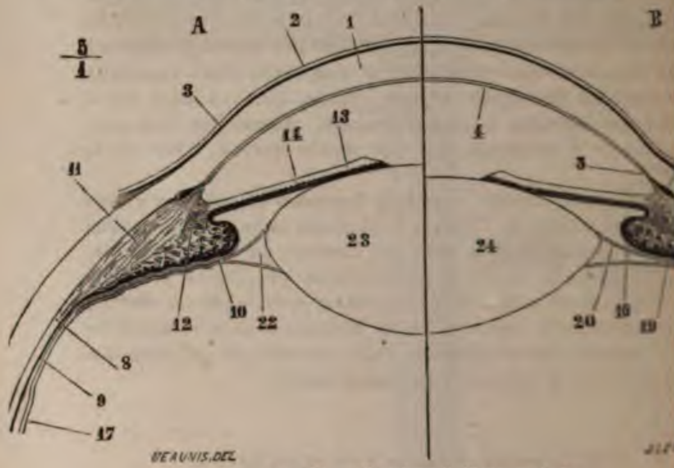


Fig. 208. — Mécanisme de l'accommodation.

Les phénomènes qui accompagnent l'accommodation
suivants :

Fig. 208. — A, œil accommodé pour la vision des objets rapprochés. — B, œil d
des objets éloignés. — 1, substance propre de la cornée. — 2, épithélium
cornée. — 3, lame élastique antérieure. — 4, membrane de Demours. — 5, liga
— 6, canal de Fontana. — 7, sclérotique. — 8, choroïde. — 9, rétine. — 10, pro
— 11, muscle ciliaire. — 12, ses fibres orbiculaires. — 13, iris. — 14, uvée. — 15,
16, partie antérieure de la rétine se prolongeant sur les procès ciliaires. — 17,
18, division de l'hyaloïde en deux feuillets. — 19, feuillet antérieur de l'hyaloïde
Zinn, dans sa partie soudée aux procès ciliaires. — 20, le même, dans sa parti
21, feuillet postérieur de l'hyaloïde. — 22, canal de Petit. — 23, cristallin pend
modation. — 24, cristallin dans la vue des objets éloignés.

.a courbure de la face antérieure du cristallin augmente, r le maximum d'accommodation, son rayon de courbure de 10 à 6 millimètres.

:ourbure de la face postérieure augmente aussi, mais très-t son rayon de courbure passe de 6 millimètres à 5,5 ; mmet reste sensiblement au même point. Le diamètre rial du cristallin diminue, son volume restant le même.

.a pupille se rétrécit; le bord pupillaire de l'iris se porte ant; la grande circonférence, au contraire, se porte en e.

.a pression intra-oculaire augmente dans la partie posté- de l'œil.

gent de ces modifications oculaires est le muscle ciliaire. dans l'accommodation de R à P, il y a une tension mus-; dans l'accommodation ou dans le passage de P à R, un ement musculaire; aussi ce passage de P à R se fait-il ite que le passage inverse.

t ce que montre le tableau suivant de Vierordt :

e de l'objet le plus rapproché, P, de l'œil.	Temps, en secondes, nécessité pour l'accommodation	
	De R à P.	De P à R.
—	—	—
10 centimètres.	1,18	0,84
11 —	0,94	0,66
12 —	0,83	0,57
14 —	0,77	0,52
16 —	0,64	0,46
22 —	0,60	0,44
28 —	0,49	0,39
34 —	0,43	0,37
40 —	0,30	0,29
52 —	0,24	0,22
64 —	0,20	0,15

e d'action du muscle ciliaire dans l'accommodation. — **scle ciliaire** est le muscle de l'accommodation, mais son mode n n'est pas encore complétement connu. L'explication la plus sante est due à Helmholtz. A l'état normal, le cristallin est aplati tension de la zone de Zinn; si, en effet, on incise cette zone de e cristallin devient plus bombé qu'auparavant. Les fibres radiées, ant en avant le bord antérieur de la choroïde, détendent la zone n et font bomber la face antérieure du cristallin; en même temps e l'iris est portée un peu en arrière.

ion des fibres circulaires est plus controversée. D'après H. Müller,



que chez le myope la tension de la choroïde est

Cramer a constaté dans l'œil du phoque et des oi
ments de courbure du cristallin en faisant agir l'él
il est vrai que V. Wittich et Helmholtz n'ont obtenu
négatifs avec les yeux de grenouille et de lapin.

L'accommodation est sous l'influence du nerf mo
mun. Hensen et Völckers ont obtenu des mouvement
par l'excitation directe des nerfs ciliaires (voir : *Ne
commun*).

5. — IRIS ET PUPILLE.

1° *Mouvements de l'iris*

L'iris représente un véritable diaphragme qui
de lumière qui pénètre dans l'œil et arrive à la
n'est pas située exactement au milieu de l'iris;
peu en dedans de son point central, ce qui
direction de l'axe visuel, qui fait, comme on l'a
angle de 5 degrés avec l'axe optique (voir *fig.*
diamètre de la pupille est de 6 millimètres envi
vre; il faut remarquer à ce sujet que l'iris et la p
plus grands qu'ils ne le sont en réalité; pour le
dimensions exactes, il faut placer l'œil sous l'ea

Le rétrécissement de la pupille est produit p
culaires lisses (sphincter pupillaire), son élargi
fibres radiées niées par quelques auteurs. Chez

e principale l'excitation de la rétine par la lumière ; cette ation amène une contraction de la pupille, non-seulement 'œil excité, mais encore sur l'œil du côté opposé ; cependant ontraction pupillaire de l'œil non excité est un peu moins quée, à moins que la lumière ne soit très-intense. Chez le n, au contraire, le rétrécissement pupillaire ne porte que sur l excité. Le rétrécissement de la pupille, à la suite de laière, commence en moyenne 0,49 secondes après l'excitation tteint son maximum au bout de 0,58 secondes.

a rotation de l'œil en dedans ou une forte convergence des x yeux produisent un rétrécissement de la pupille ; c'est bablement à cette cause qu'est due la contraction de la pupille ervée pendant le sommeil. Le même effet se remarque dans commodation pour les objets rapprochés ; la pupille se dilate ontraire dans la vision au loin.

ne forte excitation des nerfs sensitifs amène, par action xe, un élargissement de la pupille (Cl. Bernard) ; il en est de e des contractions musculaires énergiques, spécialement mouvements respiratoires. La dyspnée dilate la pupille ; cette ation, qui disparaît au moment de l'asphyxie, est due à l'ex-ion du centre dilatateur, car elle ne se produit pas si on a é auparavant le grand sympathique.

rtaines substances, comme les narcotiques et surtout l'atro- dilatent la pupille (*mydriatiques*) ; d'autres, comme la ine et surtout la calabarine, la rétrécissent (*myotiques*) ; les thésiques produisent d'abord une contraction qui est suivie tard d'un élargissement.

own-Séquard a montré que la lumière agit directement sur l'iris. t contracter la pupille sans l'intervention du système nerveux. riations de température assez considérables pourraient aussi comme excitants directs des fibres musculaires de l'iris.

près le même auteur, c'est l'iris qui, de tous les organes ulaires, conserverait le plus longtemps son irritabilité. rnal de physiologie, 1859.)

2° *Innervation de l'iris.*

ion de l'iris est très-compliquée et présente encore obscurités.

Les *nerfs moteurs* de l'iris viennent du moteur oculaire com
du grand sympathique.

Le *nerf moteur oculaire commun* innerve le sphincter de la
son excitation rétrécit la pupille ; après sa section, la pupille s
et ne peut plus se rétrécir sous l'influence de la lumière. A l'é
siologique, la contraction de la pupille a lieu par action réfle
suite d'une excitation transmise par le nerf optique; l'excita
mique, mécanique, etc., du nerf optique ou de son bout centra
il a été coupé, produit le rétrécissement pupillaire; par contre,
tion du nerf optique entre l'œil et le chiasma dilate la pupille d
côté. Quand la section est faite en arrière du chiasma, sur l
lette optique, c'est la pupille du côté opposé qui se dilate chez
chez lequel le croisement des bandelettes optiques au chi
complet; chez l'homme, il n'en est plus de même, l'entre-cr
n'étant que partiel ; aussi, dans les cas de tumeurs compri
bandelette optique, la dilatation pupillaire existe des deux
centre nerveux, qui transmet l'excitation du nerf optique a
oculaire commun, est encore indéterminé ; l'extirpation de l
optique est sans influence sur la réaction de la pupille à la
Flourens place ce centre dans les tubercules quadrijumeaux a
après leur extirpation, la pupille reste immobile ; chez le lap
tion de la moitié interne du tubercule quadrijumeau antér
nait la bandelette optique) est suivie de la dilatation et de l'
de la pupille. (Knoll.)

Le *sympathique* innerve les fibres radiées de l'iris ; son
dilate la pupille (Valentin, Biffi), sa section la rétrécit (Petit).
dilatatrices viennent de la partie inférieure de la moelle cer
la partie supérieure de la moelle dorsale ; en effet, l'excitatio
dons antérieurs de ces régions amène un élargissement de
qui se rétrécit après leur destruction. Cependant, d'après Knol
dilatateur de la pupille devrait être placé plus haut, dans les
quadrijumeaux antérieurs ; leur excitation élargit, en effet,
des deux côtés et surtout du côté excité, et cette dilatation
duit pas quand les sympathiques ont été coupés. En tout cas
dilatatrices passent de la moelle, par les racines antérieure
rami communicantes et, de là, remontent par le cordon
grand sympathique.

Le *trijumeau* a aussi une action (indirecte ?) sur la gra
pupille. L'excitation de la branche ophthalmique ou du g
Gasser dilate la pupille; leur destruction produit l'effet inver
die). Ces fibres dilatatrices ne sont probablement que des f
motrices et naissent dans le ganglion même, car la sectio
meau avant le ganglion de Gasser ne modifie pas le diam
pupille (voir *trijumeau*).

Le trijumeau fournit aussi les *nerfs de sensibilité* de l'iris.

C. — DES SENSATIONS VISUELLES.

1. — DE L'EXCITATION RÉTINIENNE.

1° *Des excitants de la rétine.*

mière est l'excitant spécifique de la rétine ; mais outre la , tous les excitants mécaniques, chimiques, électriques, issent sur la rétine peuvent déterminer des sensations ıses.

ations mécaniques de la rétin . — On sait depuis longtemps ›up sur l'œil détermine une sen ation lumineuse intense; cette ulaire est purement subjective et ne peut amener aucun éclai- champ visuel.

ıénomènes lumineux ou ***phosphènes*** (Morgagni, Serre d'Uzès) par une pression limitée sont beaucoup plus instructifs. Si, oir fermé les paupières, on comprime l'œil près du rebord or- vec une pointe mousse ou avec l'ongle, on voit un phosphène ıuse du renversement des images rétiniennes, paraît au côté le l'œil au lieu de se montrer au point comprimé. Ce phosphène ordinairement un centre lumineux entouré d'un cercle obscur ercle clair. Le phosphène a son plus grand éclat quand la pres- eu vers l'équateur de l'œil, point où la sclérotique a le moins eur. Si on comprime la partie externe du globe oculaire, le ne se montre à la racine du nez. Une pression modérée et uni- it apparaître dans le champ visuel des images lumineuses va- rès-brillantes et changeant rapidement de forme (Purkinje). Un nent rapide du regard suffit pour déterminer des apparitions ıx ou de croissants de feu dans la région de la papille optique. l'obscurité on accommode les yeux pour la vision rapprochée, subitement on accommode pour la vision éloignée, on aperçoit iphérie du champ visuel un cercle de feu qui disparaît comme r : c'est le ***phosphène d'accommodation*** de Czermack.

xcitations mécaniques du nerf optique donnent lieu aux mêmes ènes; quand on sectionne ce nerf, l'opéré perçoit de grandes lumineuses au moment de la section.

l'action de l'électricité, voir : *Action de l'électricité sur l'orga-*

ı de la rétine par causes intérieures. — Un afflux san- ıs considérable, une augmentation de pression intra-oculaire,

des efforts, etc., produisent des apparitions lumineuses variabl
quefois même, et sans qu'on puisse les rattacher à ces causes,
visuel est parcouru par des images fantastiques; ces fantômes
se montreraient surtout quand on reste longtemps dans l'ob
que, les yeux fermés, on fixe le champ visuel obscur; quelq
vateurs peuvent même les évoquer à volonté (Gœthe, J. Müll
pas douteux que ces phénomènes physiologiques n'aient été
point de départ de bien des histoires d'apparitions et de fant

Lumière propre de la rétine ; chaos lumineux. — Le
suel n'est jamais absolument noir; il présente toujours des a
rhythmiques d'éclaircissement et d'obscurcissement isochrone
vements respiratoires, d'après J. Müller; d'autres fois, ce sont
lumineuses variables, des bandes, des cercles, des feuillage
se montrent sur un champ faiblement éclairé.

Toutes ces apparences lumineuses subjectives ne dépend
clusivement de la rétine et il en est certainement qui son
cérébrale, car elles peuvent persister après l'ablation des de

2° *De l'excitabilité rétinienne.*

La rétine ne présente pas dans toutes ses parties la mê
tabilité à la lumière. A ce point de vue on peut la di
trois régions : une région complétement inexcitable qui
pond à la papille du nerf optique, une région où la v
nette, tache jaune et fosse centrale, et une région péri
où l'excitabilité diminue depuis la tache jaune jusq
serrata.

A. Papille du nerf optique; punctum cœcum. — I
que les fibres du nerf optique, la papille du nerf opti
pas impressionnable à la lumière. Ce fait a été démontré
première fois par Mariotte, en 1668. Si on ferme l'œil ga
qu'on fixe avec l'œil droit la croix blanche de la figure
voit, en approchant ou en éloignant la figure de l'œil,
certaine distance (30 centimètres environ) le cercle blan
raît complétement, et le fond noir paraît continu ; tous le
colorés ou non colorés, qu'on place sur le cercle blanc
raissent de la même façon. Il faut seulement avoir bi
pendant tout le temps de l'expérience, de tenir le reg
sur la croix blanche.

Il y a donc, en dehors du point fixé, une lacune dans le

et à cause du renversement des images rétiniennes, cette correspond à une partie située *en dedans* du lieu de la listincte ou de la tache jaune, et cette partie n'est autre apille du nerf optique, comme il est facile de s'en assurer



Fig. 209. — Expérience de Mariotte.

nensuration. On peut, du reste, le démontrer directement hthalmoscope ; si on fait arriver à l'aide de cet instru- image d'une flamme exactement sur la papille optique, le bservé n'éprouve aucune sensation lumineuse.

iamètre de la papille est d'environ $1^{mm},8$, ce qui donne près un angle de 6 degrés ; cet angle détermine la gran- pparente du *punctum cœcum* dans le champ visuel ; ainsi, distance de 2 mètres, une figure humaine peut y disparaître ier. La distance de la tache jaune à la papille est de 4 mil- es environ, ce qui donne un angle de 12 degrés ; donc tous jets vus en dehors du point de fixation sous un angle de 12° aissent du champ visuel.

ière dont se remplit la tache aveugle. — On voit par l'expé- précédente qu'il y a une lacune dans le champ visuel, lacune ous n'avons pas conscience. Comment se remplit cette lacune ? a vision binoculaire, la lacune peut être comblée par les percep- orrespondantes de l'autre œil ; dans la vision monoculaire, elle être aussi par les déplacements du regard. Mais ce qui intervient t, c'est l'habitude et le jugement. Un premier fait, c'est que la se trouve dans la région de la vision indirecte et que, dans les ions ordinaires, nous ne dirigeons guère notre attention que sur jets qui font leur image sur la tache jaune, région de la vision di-

On pourrait s'imaginer, au premier abord, que l
visuel doit se traduire par une sensation de noir,
Mariotte indiquée plus haut pourrait le faire croi
rien. On peut, en effet, dans cette expérience, r
blanc sur fond noir par un disque noir sur fond bla
toujours le même ; c'est le disque noir qui disparait
du blanc. C'est qu'en effet, comme on le verra plu
sensation d'obscurité correspond à l'absence d'excit
une partie impressionnable de la rétine ; mais il n'e
sensation à laquelle correspond, dans la perceptio
de l'espace situées devant nous et qui n'envoien
notre œil. Toute la partie de l'espace située en arrié
traire, ne nous donne aucune sensation lumineuse
pas obscure pour cela. Ces remarques peuvent s
pille optique ; comme elle n'est pas impressionnabl
ne peut nous donner ni sensation lumineuse, ni sen
elle est par rapport à la lumière ce qu'est la peau,
l'on veut, la rétine du fœtus qui n'a encore reçu au
mineuse ; elle ne peut nous donner aucune sensati
de départ d'une perception quelconque ; il n'y a rie

Qu'arrive-t-il alors ? C'est que nous identifions, s
de H. Weber, cette portion de l'espace, qui n'existe
l'aspect général du champ visuel ; c'est ainsi que
couleur du fond noir dans l'expérience de Mariotte p
et que nous nous représentons le tout d'après les r
blance. Cette opération intellectuelle inconsciente
comme l'a montré Volkmann, on amène la tache ave
imprimée, on comble la lacune avec des lettres qu'
Une comparaison ingénieuse d'Helmholtz éclairci
nous regardons un tableau taché ou troué et que la

ıe la tache aveugle ne peut être démontrée que par des résul-
ıtifs et n'est pas visible immédiatement. En effet, pour la cons-
us observons quels sont les derniers objets que nous pouvons
oir, et c'est ensuite en reconnaissant que ces objets ne se tou-
s dans l'espace que nous sommes amenés à reconnaître l'exis-
ıne lacune, sa position dans le champ visuel et sa grandeur.
ernière question se présente. La lacune, ainsi comblée, a-t-elle
eur de la lacune réelle? Les observateurs sont arrivés sur ce
les résultats qui ne s'accordent pas. Pour quelques-uns, une
ɔite, dont le milieu traverse la lacune, paraît raccourcie; d'au-
'oient dans sa longueur véritable. Ces différences sont surtout
ans l'expérience suivante de Volkmann (*fig.* 210): On donne à
tres la disposition qu'elles ont dans la figure et on fixe le point
'œil droit à 20 centimètres de distance; E se trouve alors dans
e et disparaît. Or sur ce dessin, pour quelques observateurs, les
estantes forment les côtés rectilignes d'un carré, le milieu du
stant vide; pour d'autres, au contraire, les lettres restantes qui
le milieu de chaque côté paraissent se rapprocher de la
et on voit quatre arcs, ABC, CFI, IHG, GDA, dont la convexité est
vers le centre.

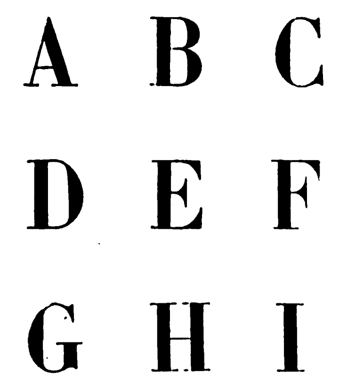
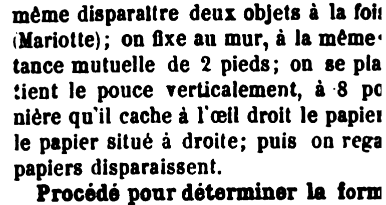


Fig. 210. — Expérience de Volkmann.

ıriences diverses sur le punctum cœcum. — On peut varier
érentes façons l'expérience de Mariotte. Cette expérience peut
avec les deux yeux ouverts (Picard); on fixe un papier au mur,
ılace à une distance d'environ 20 pieds, et on fait converger les
eux vers le doigt, tenu à une distance telle que, dans les deux
l'image du papier vienne se peindre sur le *punctum cœcum;* alors
jet disparaît absolument, tandis que, dans ces conditions et avec
nt de fixation un peu différent, il paraît double. On peut faire


même disparaître deux objets à la foi (Mariotte); on fixe au mur, à la même tance mutuelle de 2 pieds; on se pla tient le pouce verticalement, à 8 po nière qu'il cache à l'œil droit le papier le papier situé à droite; puis on rega papiers disparaissent.

Procédé pour déterminer la form punctum cœcum. — On donne à l'œil d'une feuille de papier blanc sur laqu de point de fixation; puis on promèn la lacune, la pointe, trempée dans l'e pointe noire disparaît quand elle entre la plume dans diverses directions, en où elle commence à devenir visible; la lacune, et on constate qu'elle a la f les bords de laquelle on reconnaît l'é laires. (Helmholtz.)

B. Tache jaune et fosse cent fosse centrale sont les régions de tinguent des autres parties de la ré par la netteté de la perception des fixons un objet dans l'espace, nous de façon que l'image de cet objet centrale.

La tache jaune a un diamètre horiz un diamètre vertical de 0mm,8; ce qui à un angle de 2 à 4 degrés. La fosse ce qui donne un angle dix fois plus petit champ de la vision distincte est excessi tendu par un angle d'environ 12 min suffit de joindre les deux extrémités centrale) au centre de la pupille et de l'espace. Il résulte de ce fait que l'œil d'une façon distincte, qu'une très-peti ce qui arrive, par exemple, si, étant visuel se trouve éclairé par une lumièr un éclair ou une étincelle électrique; d petit nombre d'objets; ainsi, dans un li ne verra distinctement que cinq ou si dinaire, les mouvements rapides du gl

[redacted]

facile d'observer sur un lecteur, par exemple, supplêent à cette in-
fluence et la persistance des impressions lumineuses sur la rétine
us fait croire à la simultanéité de sensations qui ne sont que succes-
es.

La détermination des plus petites distances perceptibles a déjà été
tée en partie à propos de l'acuité de la vision (page 773). Helmholtz
mettait que pour que deux points lumineux pussent être perçus
mme distincts, il fallait de toute nécessité que leurs images fussent
arées par une distance plus grande que la largeur d'un cône de la
he jaune (0mm,002 environ). Cependant, les expériences de A. Volk-
nn ont montré que les cônes de la fosse centrale ne sont pas assez
its pour expliquer l'acuité visuelle et que deux points peuvent être
s encore comme distincts quoique leurs images puissent se faire sur
même élément rétinien. Dans ce cas il faudrait, ou bien abandonner
lois les mieux connues de la transmission nerveuse, ou bien ad-
ttre alors que les cônes ne sont pas les derniers éléments rétiniens,
is que ces éléments doivent être recherchés dans les fibrilles qui,
près quelques histologistes, en constitueraient l'article interne.

La fosse centrale contient environ 2,000 cônes.

C. Parties périphériques de la rétine. — Sur les parties
térales de la rétine, la netteté de la vision diminue à mesure
l'on s'éloigne de la tache jaune et qu'on se rapproche de l'*ora
rrata*; mais cette diminution ne se fait pas avec la même rapi-
té dans les différentes directions; elle est plus lente vers la
gion externe et présente, du reste, des variations individuelles
sez notables. La diminution serait plus rapide dans la vision
loignée que dans la vision rapprochée. Volkmann et Aubert ont
uvé que pour former des images visibles sur la rétine, les
jets situés à 60° en dehors de l'axe visuel devaient avoir un
mètre 150 fois plus considérable que dans le milieu de la
che jaune.

Pour les procédés employés pour mesurer l'acuité visuelle des
rties périphériques de la rétine, voir : Helmholtz, *Optique
ysiologique*, page 297.

3° *Mode et nature de l'excitation rétinienne.*

Il est bien démontré aujourd'hui que les cônes et les bâton-
s sont les seuls éléments impressionnables à la lumière, tandis
elle ne produit rien sur les autres couches de la rétine. Mais

terne, la lumière doit donc traverser l'article interne.
se compose de fibrilles très-fines; l'article externe e
une série de petites plaques transversales superposées,
parable à une pile de lames de verre; ces plaques so
ont toutes à peu près la même épaisseur, mais peuv
indice de réfraction différent; leur nombre varie suiva
l'article externe. Le mode d'union de l'article interne e
terne est encore indéterminé, et il est impossible de d
de l'article interne se continuent avec les plaques de l
mais ce qui semblerait infirmer cette hypothèse, c'est q
animaux (oiseaux, reptiles), le lieu d'union des deux ar
par un globule incolore ou coloré, qui occupe toute l'é
et doit très-probablement interrompre la continuité en
ticles. Quand ces globules colorés existent, la lumièr
dans l'article externe sans les traverser, et dans ce
rayons sont absorbés suivant la couleur du globule;
paraissent de nature graisseuse, sont, en général, r
fortement réfringents, et doivent en outre, par leur
leur pouvoir réfringent, exercer une certaine influen
des rayons lumineux. Dans certains cas, ces globules
remplacés par des corpuscules réfringents, analogue
lentilles. Chez l'homme, ces globules colorés n'existe
la région de la tache jaune et de la fosse centrale es
pigment jaune diffus qui forme une couche continue e
et absorbe au passage une partie des rayons violets et
En outre, dans les parties périphériques de la réti
vaisseaux capillaires et des globules sanguins de la
même effet sur les éléments impressionnables de
(M. Schultze.)

orable à une réflexion de la lumière, et on pourrait avec Schultze le nparer à une pile de lames minces de verre qui ont, comme on sait, grande puissance de réflexion; dans ce cas, les vibrations lumiuses seraient renvoyées dans l'article interne, qui serait alors l'élént impressionnable. Cette théorie se rapproche beaucoup de celle est adoptée depuis longtemps déjà par Rouget; seulement Rouget iet que la lumière est réfléchie à la surface de contact des bâtonnets le la choroïde et que, grâce à la coïncidence presque exacte du tre optique et du centre de cour^ure de la rétine, les rayons sont échis dans la direction de l'axe d bâtonnets, qui constituent, pour erminaison des nerfs optiques, l' areil spécial destiné à recevoir ranlement des ondulations lumin

'après Zenker, au contraire, les de l'article externe, au lieu gir comme appareil de réflexion ..ale et de renvoyer les rayons s l'article interne, agiraient en ..ansformant, par une série de réions successives à la limite de chaque lamelle, les vibrations de her en *vibrations stationnaires* (' qui, par conséquent, s'éteindraient s l'article externe même et, dan. ce cas, cet article externe serait ément impressionnable. Il est dif icile de choisir entre ces deux hyhèses. (Voir aussi : *Vision droite*.)

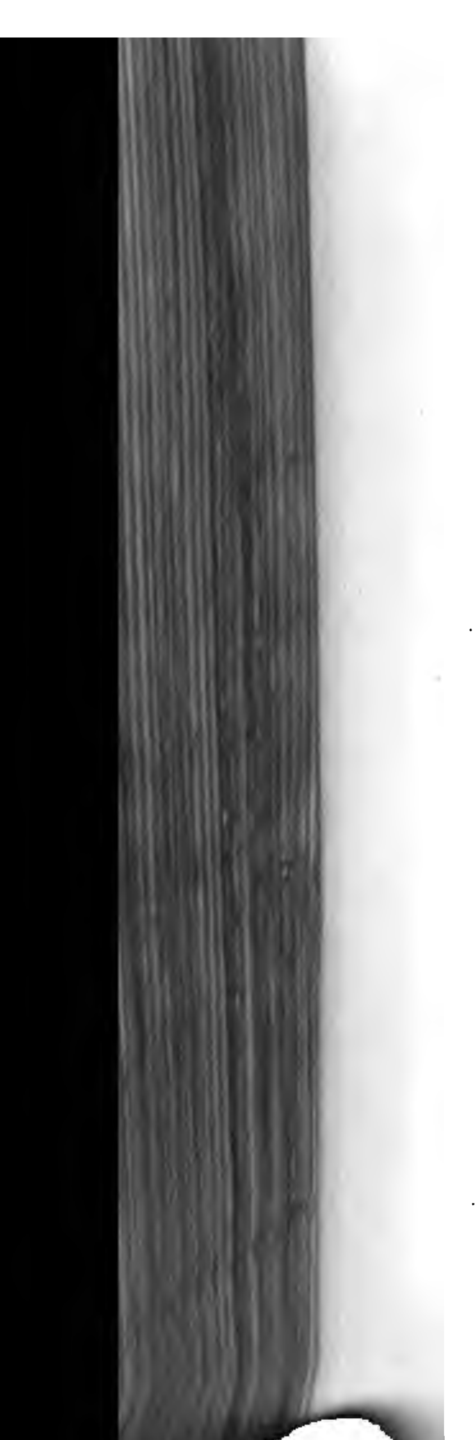
ous ne sommes pas plus avancés sur la nature de la modification se passe dans les cônes et dans les bâtonnets, que ce soit l'article erne ou l'article externe qui entre en jeu. Quelle transformation susent ces vibrations lumineuses qui disparaissent en grande partie? -ce un échauffement (Draper), un effet photochimique (Moser)? ou n y a-t-il un déplacement de molécules électro-motrices, comme ui qui se produit, d'après Du Bois-Reymond, dans les nerfs et dans muscles? Holmgren a constaté la variation négative du courant de rétine du lapin au moment où les rayons lumineux entrent dans il. La seule chose certaine, c'est que la modification, encore inconc, que la lumière produit dans les cônes et les bâtonnets, peut agir on tour comme excitant sur les parties purement nerveuses de la ine et se transmettre jusqu'aux centres nerveux.

4° *Conditions de l'excitation rétinienne.*

Pour qu'il y ait sensation lumineuse, trois conditions princiles interviennent.

Il faut en premier lieu que les rayons lumineux aient une taine longueur d'ondulation; on a vu plus haut que les rayons

ppelle *vibrations stationnaires* celles qui se produisent, par ans une corde fixée par ses deux bouts.



compris du rouge au violet pc
rétine; il faut, en second lieu, qu
certaine durée, et enfin l'excitan
taine intensité.

Durée de l'excitation réti
soit impressionnée, l'excitation l
membrane pendant un certain te
il n'y a pas de sensation lumineu
neux ne soit très-intense, comme
étincelle électrique dont la durée
durée de l'excitation augmente, l
mais il faut déjà plus de temps
de couleur. (Vierordt, Burckhardt

Pour déterminer la durée de l'in
ployer des *disques rotatifs* avec d
Sensations de couleur). Mais un proc
Vierordt. Il suspend à un pendule u
lieu d'une ouverture quadrangulair
lames mobiles de façon à être con
étroite A; derrière le pendule se trou
du pendule se trouve un écran po
laquelle se place l'œil à la distance
osciller le pendule, l'œil est soumis
tout le temps que la fente A se tr
facile de calculer ce temps d'après la
lations du pendule.

Exner a recherché la durée d
neux doit avoir pour produire le m
a employé pour cela deux disque
tournant avec une vitesse inégale d
des disques. Il a constaté ainsi qu
et la grandeur de l'objet lumineux
métrique (1, 2, 4, 8), le temps d'ap
maximum de sensation lumineuse
arithmétique (4, 3, 2, 1).

Intensité de la lumière. -
lumière doit avoir une certaine
est trop faible, il n'y a pas de sen
plus que la sensation d'obscurité
constaté, par des procédés très-
lumière un million de fois plus

[redacted]

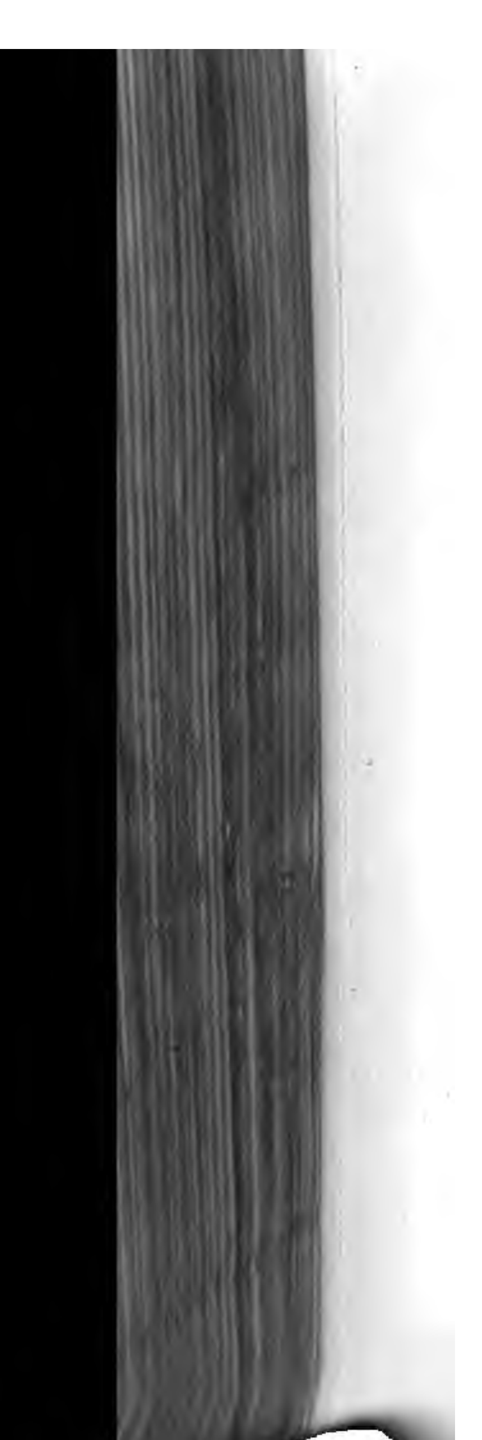
jour peut encore être perçue. Ce *minimum* d'intensité lu-
meuse nécessaire à la sensation visuelle varie, du reste, suivant
ɑt d'excitabilité de la rétine. Ainsi, quand on est resté long-
ps dans l'obscurité, la sensibilité rétinienne augmente d'a-
rd considérablement, puis un peu moins vite, et des sources
mière d'une très-faible intensité suffisent pour impression-
a rétine. Quand l'intensité de la lumière est trop forte, nous
mes éblouis et la sensation lumineuse fait place à une
tion de douleur très-vive.

sure de l'intensité des sensations lumineuses. — Procédés métriques. — Le principe des procédés photométriques les plus est que *les intensités de deux lumières sont inversement proportionnelles aux carrés de leur distance à l'écran.*

photomètre de Rumford, dont l'idée appartient à Bouguer, peut tilisé pour mesurer l'intensité des sensations lumineuses. On place une chambre obscure, devant un écran blanc, une tige opaque ée par deux bougies, A et B, et qui projette sur l'écran deux es, l'une *a* due à la bougie A, l'autre *b* à la bougie B ; puis on ne une des bougies, A, par exemple, jusqu'à ce que l'ombre correspondante *a* ne soit plus perceptible. Fechner a trouvé que si la bougie est à 1 mètre de l'écran, la bougie A doit être à 10 mètres pour l'ombre *a* disparaisse ; d'après la loi citée plus haut, les intensités neuses de A et de B sont donc dans le rapport de 1 à 100, en vertu proportion I : I' :: 10^2 : 1, où I représente l'intensité lumineuse , et I' l'intensité lumineuse de A. En prenant I comme unité, l'intensité de la sensation lumineuse correspondante à A sera égale à $\frac{1}{100}$, -à-dire qu'une différence de $\frac{1}{100}$ de l'intensité lumineuse peut encore être perçue. La plupart des procédés photométriques sont ainsi s sur l'exactitude avec laquelle nous jugeons si deux sensations neuses sont égales ou non en intensité.

cédé des disques rotatifs. — L'appréciation de la plus faible ité de lumière qui peut encore impressionner la rétine se fait plus ment à l'aide des disques rotatifs (Masson). On trace sur un disque un tire-ligne, et suivant un des rayons du disque, un trait inter- u dont toutes les parties possèdent la même épaisseur; pendant la on, ces lignes noires forment des bandes grises plus ou moins dont on cherche à distinguer les contours du fond blanc du e. Soient *d* la largeur des raies, *r* la distance d'un point d'une de aies au centre du disque; si on pose l'intensité du blanc du e = 1, on a pour l'intensité *h* de la bande grise qui se forme nt la rotation, $h = 1 - \frac{d}{2\pi r}$, si on considère le trait de tire-

ligne comme absolument noir. On pe
rences d'intensité de 1/150°. (Helm



5° *Caractères de l'e*

Persistance des impressio
tion rétinienne suit presque ir
neuse; la période d'*excitation*
elle y est tellement courte qu'il
démontrer; cette modification ré
certaine durée, c'est-à-dire que
encore même après la dispari
durée, variable du reste, peut
seconde. Si on regarde un m
brillante et qu'on ferme rapiden
lampe dans l'obscurité, on v
image du corps lumineux; c'est
telle positive ou *image consécut*
des excitations lumineuses inter
sur la rétine avec assez de rapi
sistent encore quand les nouvel
la sensation lumineuse, au lieu
ainsi, un charbon enflammé qu'
un cercle de feu; si l'on marqu
disque noir à une certaine dist
tourner le disque, on voit un ce
en est de même si on prend de
teurs noirs plus ou moins éten
gris uniforme plus ou moins for
noirs. C'est également à cette
niennes que sont dues les courb
on fait vibrer une corde métall
est fortement éclairé; et on a
forme des vibrations des cordes

Si dans l'expérience du dis
brillant, le cercle paraît gris et
de la rétine impressionné ne
court la lumière blanche du
montre que la lumière émise pe

disque par le point lumineux se comporte comme si elle se répartissait uniformément sur le cercle entier; chaque point du cercle enverra donc moins de lumière à la rétine et ne pourra donner que la sensation de gris.

Pendant tout le temps que dure cette sensation lumineuse persistante, l'excitation rétinienne ne conserve pa[illegible] la même intensité. A partir de son début, l'excitation rétinienn[illegible], ou autrement dit la sensation lumineuse, s'accroît rapidement, puis, après avoir atteint un maximum, elle décroît plus lenteme[illegible] pour disparaître tout à fait. La marche de l'excitation rétinien[illegible] pourrait donc être représentée par une courbe tout à fait an[illegible]logue à la courbe de la figure 52, page 268, en supprimant [illegible] première partie (1) qui correspond à [illegible] période d'excitation latente que nous avons vue être à peu [illegible] nulle. La partie ascendante de la courbe (2) correspond à l[illegible]riode d'augment de l'excitation rétinienne, la partie descen[illegible]e (3) à la période décroissante de cette excitation.

Un certain nombre d'appar[illegible] bien connus et devenus populaires, le thaumatrope de Paris, les [illegible]ues stroboscopiques de Stampfer, le phénakisticope de Plateau, et[illegible] sont basés sur cette persistance des impressions rétiniennes. (Vo[illegible] Helmholtz : *Optique physiologique*, page 461.)

L'*intensité de la sensation lumineuse* est en rapport avec l'intensité de la lumière, et, d'une façon générale, la première augmente quand la seconde s'accroît; mais cette augmentation n'est pas proportionnelle à l'intensité de l'excitation, elle est plus petite; les recherches de MM. Weber, Fechner, Helmholtz, ont montré que cet accroissement suit, dans des limites très-étendues, la loi *psycho-physique de Fechner* (voir : *Psychologie physiologique*), et que ce n'est que pour des intensités de lumière très-faibles ou très-grandes que cette loi n'est plus applicable aux sensations visuelles.

On a donné le nom d'*irradiation* à une série de faits qui ont ceci de commun que les surfaces fortement éclairées paraissent plus grandes qu'elles ne le sont en réalité, faits qui s'expliquent tous par cette circonstance que la sensation lumineuse n'est pas proportionnelle à l'intensité de la lumière objective. Ces phénomènes d'irradiation se montrent [illegible]s très-diverses, et sont surtout plus prononcés

quand l'accommodation est incom
paraissent plus grandes ; une étoile
d'une petite surface brillante ; dans



Fig. 211.—

noir paraît plus grand que l'autre,
tement les mêmes dimensions. De
sines se confondent : si l'on tend
l'œil et la flamme d'une lampe très
me paraît avoir donné la véritable
ces phénomènes, dit-il, se réduisen
éclairées paraissent s'avancer dans
surfaces obscures qui les avoisin
existent toujours, même dans l'acco
bord de l'image rétinienne d'une
pénombre où la lumière empiète
lumière ; seulement, nous rattac
éclairée au lieu de la rattacher au
de la loi psycho-physique, la sens
des degrés élevés d'intensité lumi
remarquons beaucoup plus l'éclai
mage rétinienne que l'affaiblissem
image. Cette théorie explique pourq
avec la grandeur des cercles de dif
tigmatisme (voir : *Astigmatisme*), l
raissent allongés dans le sens verti

Volkmann a observé des faits q
contradiction avec la théorie de l'i
fins sur un fond blanc paraissent p
mais il me semble qu'il y a là un
nous accordons plus d'importance
fond, ce qui nous porte à en exagér

De la fatigue rétinienne.

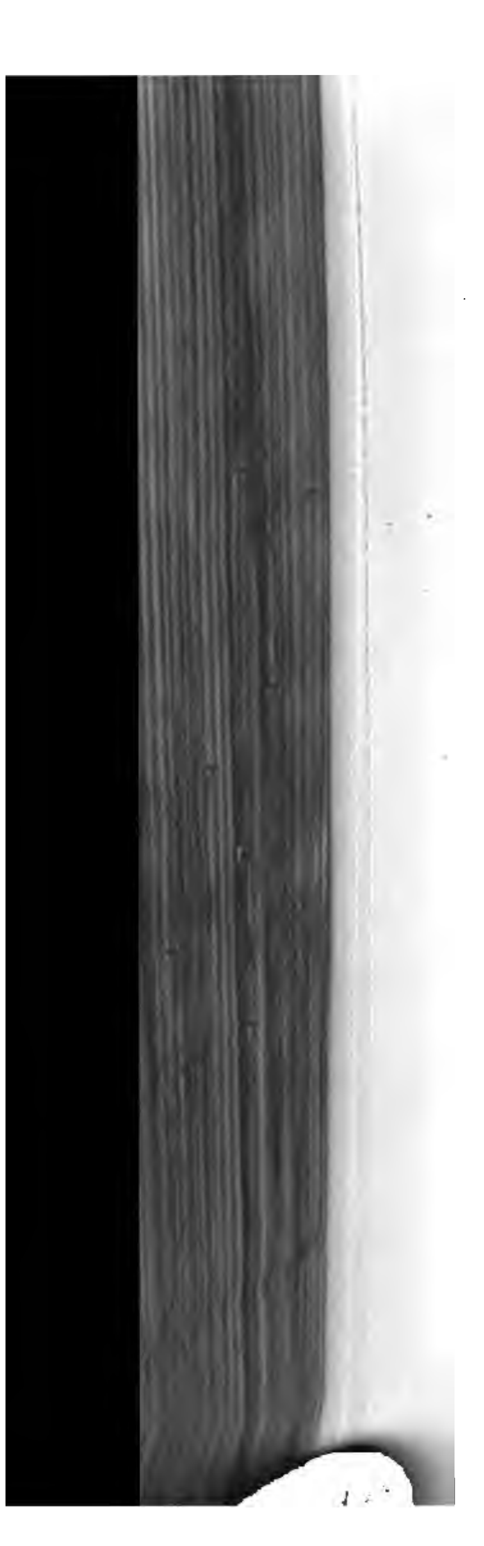
es nerfs sensitifs, la rétine présente toujours, après tion lumineuse, une diminution d'excitabilité qui dis- à peu; il faut donc un certain temps pour que la upère son excitabilité primitive. Aussi les excitants intermittents agissent-ils avec plus d'intensité sur la les excitants continus; le maximum d'effet des exci- nineuses intermittentes se produit quand ces intermit- it au nombre de 17 à 18 par sec c'est-à-dire nouvelle excitation arrive al que produit par a précédente a cessé. La di de l'excitabilité par la fatigue explique la p de sensibilité de brane après un séjour dans l
ges accidentelles négatives (voir plus loin) doivent ction à la fatigue de la rétine et à l'affaiblissement de bilité.

et Purkinje ont remarqué q la fatigue se produit facilement dans les parties érales de la rétine que he jaune.

nages consécutives monochromatiques.

plus haut (page 810) que, grâce à la persistance des s rétiniennes, il peut se produire, dans certaines condi- mage consécutive ou accidentelle d'un objet lumineux. accidentelles se divisent en positives et négatives, par on avec les images photographiques; les images acci- *ositives* sont celles où les parties claires et obscures de issent également claires et obscures; les images *néga-* elles où les parties claires se dessinent en noir et *vice* ime dans un négatif photographique.

s accidentelles positives sont d'autant plus nettes et plus durent d'autant plus longtemps que l'excitation lumineuse te; pour avoir le maximum d'effet, la durée de l'excitation ne doit pas dépasser un tiers de seconde. Avec un peu es images positives acquièrent une telle netteté qu'on peut s plus petits détails de l'objet lumineux. Bientôt les parties claires disparaissent les premières; puis ce sont les par- i s'effacent après avoir passé par des nuances allant a une.



Si, pendant que l'image posi
regard vers une surface forteme
et cette image négative peut a
les plus petits détails soient visi
l'image négative augmente d'in
de l'action lumineuse.

Les images accidentelles suiv
la tache jaune qui en est le siég
de fixation de l'œil et, tant qu'el
ment les objets.

L'explication des images accid
positives sont dues, comme on
l'excitation rétinienne après la c
gatives sont dues à la fatigue et
tine : les parties qui, avec la pre
l'image positive sont devenues i
arrive la deuxième excitation lu
sauf celles-là, sont excitées et à
mage négative obscure.

Cette influence de la fatigue s
suivante : Si on regarde sur fo
morceau de papier blanc, et qu'
paraître une image accidentelle
papier blanc par du papier noir,
de rétine excitée par le papier
la rétine où se peint le fond gri
moins, et quand nous enlevon
place va exciter une partie de la
du fond gris, agissant sur une ré
comparaison.

D. — DES SEN

1° *Des co*

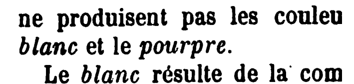
Le mot *couleur* a trois sig
mier cas, il répond à une sen
excitation particulière de la
leur rouge, la couleur bleue.
par la pensée le nom, emp
l'objet extérieur, vibration d
parle de rayons colorés, ra

rayons qui déterminent en nous la sensation de rouge ou
let. Enfin, le terme couleur s'applique encore à la façon dont
face des corps se comporte avec la lumière : c'est ainsi qu'on
de la couleur d'un corps ou d'un objet.
a vu plus haut que dans le spectre solaire, on passe par
érie de transitions insensibles d'une extrémité à l'autre du
e, c'est-à-dire du rouge au violet; il y a donc, en réalité,
nfinité de couleurs simples, [illegible]mogènes, correspondant à
rées différentes de vibrations, seulement, au point de vue
ologique, il n'y a pas une graduation correspondante de
ensations visuelles. Ces sensations, en effet, se groupent
de quatre couleurs principa[illegible]es, rouge, jaune, vert, bleu,
elles nous rapportons toute[illegible] les autres, et qui occupent
gions déterminées du spectre, tandis que les couleurs inter-
ires nous paraissent n'être [illegible] des formes de transition
les premières et ne nous se[illegible]lent pas avoir de qualité
ulière.

2° *Des couleurs composées.*

e ces sensations de couleur déterminées par les couleurs
s du spectre, il peut y avoir des sensations de couleur pro-
quand un point de la rétine est frappé simultanément par
u plusieurs rayons de durée d'oscillation inégale. Ces nou-
couleurs diffèrent, comme on le verra plus loin, par plu-
caractères, des couleurs simples du spectre, et surtout par
articularité, que nous ne pouvons distinguer les couleurs
s qui entrent dans la composition de la couleur résultante,
, peut, par conséquent, être impressionné de la même ma-
ar des combinaisons de couleurs constituées d'une manière
férente. Ainsi, la sensation de jaune peut résulter aussi
e la couleur jaune simple du spectre que du mélange du
ec l'orangé.

ion simultanée des couleurs simples du spectre sur le
point de la rétine, ou, pour abréger, le *mélange des cou-
imples*, donne naissance à deux ordres de couleurs com-
couleurs mixtes, qui existent déjà dans le spec-
tres qui donnent des sensations nouvelles que



ne produisent pas les couleu
blanc et le *pourpre*.

Le *blanc* résulte de la com
couleurs simples, et on appe
qui, mélangées deux à deux,
suivant donne les couleurs co
dire celles qui, par leur mélan
n'a pas de couleur complément
du blanc avec une couleur con

Rouge.
Orangé.
Jaune.
Jaune verdâtre.
Vert.

Le *pourpre* est produit par
des deux extrémités du spect
violet, et son interposition ent
couleurs spectrales de façon qu
cercle et passer, par transitions

Les *couleurs mixtes* sont p
couleurs simples. Le tableau su
dique les couleurs composées r
simples.

	Violet.	Bleu indigo.	I cya
Rouge.........	Pourpre.	Rose foncé.	R blan
Orangé........	Rose foncé.	Rose blanchâtre.	*Bl*
Jaune.........	Rose blanchâtre.	*Blanc.*	V blan
Jaune-vert.....	*Blanc.*	Vert blanchâtre.	V blan
Vert..........	Bleu blanchâtre.	Bleu d'eau.	Vert
Vert-bleu......	Bleu d'eau.	Bleu d'eau.	
Bleu cyanique. .	Bleu indigo.		

On voit, par ce tableau, que,
simples, moins éloignées dans l
plémentaires, la couleur mixte

que l'intervalle entre les couleurs employées est plus
able, et que, si on mélange deux couleurs plus éloignées
couleurs complémentaires, le mélange est d'autant plus
re que l'intervalle est plus petit. On voit aussi qu'une
mixte a toujours son analogue dans une couleur simple
le on aurait ajouté de la lumière blanche.

lange de plus de deux couleurs simples ne produit plus
elles couleurs; le nombre des couleurs possibles est déjà
ar les mélanges des couleurs simples deux à deux.

ÉS POUR LE MÉLANGE DES COULEURS. — 1° *Mélange des couleurs spectrales.* On superpose deux spectres ou des parties différentes d'un même spectre. Le procédé le plus simple est celui d'Helmholtz et ne nécessite qu'un seul prisme. On pratique, dans le volet d'une chambre obscure, une fente étroite en forme de V, dont les branches *ab* et *bc* (*fig.* 212) sont à angle droit; derrière cette fente on place un prisme vertical,



— Double fente en V, pour obtenir spectres partiellement superposés.

insi deux spectres représentés dans la figure 213, αββα est le le la fente *ab*, γββγ celui de la fente *bc*; les bandes colorées spectres se coupent dans le triangle βδβ, et on obtient ainsi s combinaisons de couleurs simples prises deux à deux.

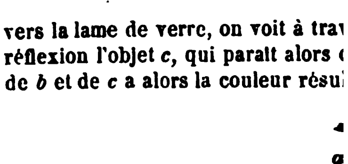


Fig. 213. — Double spectre partiellement superposé.

z a indiqué aussi une méthode plus exacte, mais qui nécessite ppareil plus compliqué.

cédé de Lambert (*fig.* 214, p. 818). On place verticalement au- une table noire une petite lame de verre *a*, à surfaces planes et s, et on place sur la table, en *b* et en *c*, des objets colorés, par des pains à cacheter; si alors on regarde obliquement à tra-

vers la lame de verre, on voit à tra
réflexion l'objet *c*, qui paraît alors
de *b* et de *c* a alors la couleur résu



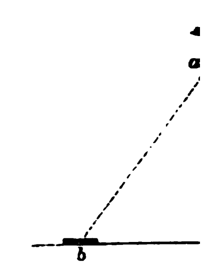


Fig. 214. — Procédé de Lamb

3° *Procédé de Czermack.* C'est l'
modifiée. On place aux deux ouve
lorés ; puis on accommode de faço
se recouvrent en partie sur la réti
leur composée.

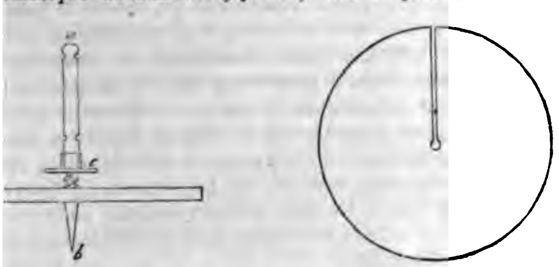
4° *Procédé des disques rotatifs.*
plan des disques qui portent des s
la vitesse de la rotation est suffisante, les impressions produites par les différentes couleurs sur la rétine éveillent une impression unique, celle de la couleur mixte.

Le procédé des disques rotatifs permet le mélange d'un nombre quelconque de couleurs. Ainsi, si on dispose sur le disque des secteurs colorés correspondant aux principales couleurs du spectre, comme dans la figure 215, la sensation résultante est celle de la lumière blanche. Seulement, il faut donner aux différents secteurs colorés des dimensions qui soient dans des rapports convena
les angles des secteurs ont des
Newton et dont voici les nombres

Rouge.	60°45',5
Orangé	34°10',5
Jaune.	54°41'
Vert	60°45',5

[redacted]

ues sont habituellement mis en mouvement par une toupie, *omatique de Maxwell* (*fig.* 216). Les disques (*fig.* 217) sont



Toupie chromatique de Maxwell. *Fig.* 217. — Disque de la toupie de Maxwell.

fort de différentes grandeurs et portent au centre une ouverture lle on les engage dans la tige *ab* de la toupie, et une fente un des rayons. Chaque disque est recouvert uniformément le couleur, et si l'on en superpose plusieurs en les engageant ns les autres par leurs fentes, on obtient des secteurs dont aire varier à volonté la largeur.

ques sont fixés dans une position invariable au moyen d'un écrou mobile *c* (*fig.* 216). Le tout, vu d'en haut, présente l'aspect de la figure 218. On y voit trois disques colorés, rouge, bleu, vert, engrenés les uns dans les autres, et deux disques plus petits, l'un blanc, l'autre noir, engrenés par leurs fentes; le plateau circulaire de la toupie est limité par un cercle gradué, divisé en 100 parties et sur lequel on peut lire les dimensions angulaires de chaque secteur coloré. La toupie peut se remplacer par un disque fixé verticalement sur un axe horizontal et et en mouvement au moyen d'une corde et d'une manivelle.

— Superposition des disques.

ange direct de poudres ou de liquides colorants. Ce procédé, é autrefois, est très-défectueux. En effet, soient d'abord des colorés; la lumière qui traverse ces liquides est celle qui n'a absorbée par eux; ainsi les liquides bleus, en général, laissent ous les rayons bleus, moins bien les rayons verts et violets et out les rayons rouges et les jaunes; les liquides jaunes laissent ous les rayons jaunes, assez bien les rouges et les verts, très-bleus et les violets; il en résulte que le mélange d'un fluide



rétine, du vert blanchâtre.

3° *Caractères des sensations de*

On distingue, dans les sensations de couleur, principaux qui dépendent de conditions physiq *ton*, la *saturation* et l'*intensité*.

1° *Ton*. — Le ton d'une couleur dépend du n tions (ou de la longueur d'ondulation) de l'éthe à ce qu'est la hauteur pour les vibrations sonore

2° *Saturation*. — La saturation d'une couleu plus ou moins grande quantité de lumière blan tient. Une couleur est dite *saturée* quand elle ne lumière blanche, telles sont les couleurs simples pourpre. On peut donc, par une addition conven blanche, dégrader peu à peu chaque ton et passe sitions insensibles, d'une couleur saturée au blar

3° *Intensité*. — L'intensité d'une couleur dépen des vibrations. Cette intensité diminue depuis les trales pures jusqu'au sombre ou au noir par dégr sives; le gris n'est que du blanc peu lumineux sité lumineuse dépasse une certaine limite, le to disparait, et nous n'avons plus que la sensation

Cette intensité lumineuse varie, du reste, pou couleurs du spectre: ainsi le rouge exige, pour

[redacted]

presque noir; on sait aussi que ce sont les couleurs rouges qui disparaissent les premières au crépuscule.

Quand on augmente l'éclairage, les couleurs à vibrations longues (rouge, jaune) augmentent d'intensité; c'est l'inverse quand l'éclairage est plus faible, ce sont alors les couleurs à vibrations courtes (violet et bleu); ainsi, les paysages que nous regardons à travers un verre jaune clair nous paraissent éclairés par le soleil; avec un verre bleu, ils produisent l'effet inverse.

Dans la lumière solaire intense, c'est l'impression du jaune qui domine; dans la lumière solaire faible, c'est celle du bleu, complémentaire du jaune; dans l'éclairage artificiel ordinaire, la lumière est jaune, de sorte que les objets bleus paraissent plus foncés, et les objets jaunes pâlissent. C'est que la nature de l'éclairage et surtout l'habitude de considérer la lumière solaire comme étant le blanc normal pendant le jour, influent sur la détermination du ton et de l'intensité des couleurs que nous avons sous les yeux.

La comparaison de l'intensité des différentes couleurs est à peu près impossible. Vierordt a cherché un procédé pour arriver indirectement à ce résultat. Le principe de son procédé est le suivant : Si on laisse tomber de la lumière blanche sur un point *a* d'une surface colorée, par exemple d'une région du spectre solaire, le point *a* paraîtra blanc quand la lumière blanche sera assez forte. Si maintenant on affaiblit de plus en plus cette lumière blanche à l'aide de verres enfumés dont le pouvoir absorbant est exactement connu, le point *a* prend de plus en plus le *ton* de la couleur primitive, et pour un certain degré d'affaiblissement de la lumière blanche la couleur de *a* ne peut plus se distinguer de la couleur de la région qui lui sert de fond. Plus il faut affaiblir la lumière blanche pour arriver à ce résultat, plus la couleur correspondante a une faible intensité.

Mais dans le spectre ordinaire, la région du rouge jusqu'au milieu du ... est trop rétrécie, et à partir de là le spectre s'étend jusqu'au violet; il résulte que les couleurs rouge, orange, jaune et jaune verdâtre paraissent trop claires, et les couleurs verte, bleue et violette pas assez lumineuses. Pour avoir la véritable intensité lumineuse des diverses couleurs du spectre, il faut par conséquent placer les lignes de Fraunhofer non comme elles le sont dans le *spectre prismatique*, mais les rapprocher dans la région du violet, les écarter dans la région du ... autrement dit les placer à des distances correspondantes aux ... d'ondulations des différents rayons; on a ainsi le *spectre*

C'est d'après ces principes que Vierordt a construit le tableau
vant, qui donne l'intensité des différentes couleurs du spectre so

Couleurs.	Régions du spectre. Lignes de Frauenhofer ([1]).	Intensité lumineuse.	
		Spectre prismatique.	Spectre typiq (intensité lumi véritable)
Rouge...	A — *a*	6	2
	a — *a* 50 B	80	29
	a 50 B — B	171	69
	B — B 50 C	208	86
	B 50 C — C	281 — 348	129 — 16
Orange .	C — C 50 D	984 — 2520	504 — 15
Jaune...	C 50 D — D	2582 — 5997	1616 — 41
	D — D 10 E	7664 — 6450	5677 — 48
Vert....	D 10 E — D 36 E	5170	4071
	D 36 E — E	3956 — 2838	3242 — 28
	E — E 17 F	2773	2980
	E 17 F — E 52 F	1972 — 1554	2008 — 18
Bleu	E 52 F — F	1172 — 984	1441 — 11
	F — G	493 — 58	676 — 11
Violet...	G — G 50 H	35 — 18	77 — 46
	G 50 H — H	15 — 5	38 — 15
	Au delà de H	1 — 0,3	4 — 1,

C'est en se basant sur ces données que Vierordt a imaginé l'a *spectrale physiologique*, et il a appliqué cette analyse qui, jus n'était utilisée que pour les matières colorantes qui présente bandes d'absorption, aux matières colorantes qui ne présentent a raie d'absorption. En effet, il a montré que toute substance c possède un pouvoir d'absorption déterminé pour une lumière longueur d'ondulation donnée, et qu'on peut ainsi caractériser ce et le distinguer des autres corps colorés; en résumé, détermin *coefficient d'absorption* pour les différentes régions du spectre.

La méthode photométrique de Vierordt est appelée à rendre le grands services à la physiologie; elle permet, en effet, non-seul de reconnaître, mais de doser les matières colorantes, telles que du sang, de l'urine, de la bile, etc., même quand elles se trouv quantités si faibles qu'elles échappent à l'analyse chimique ord (Voir Vierordt : *Photometrie der Absorptionsspektren.*)

([1]) Les chiffres placés entre les lettres de Frauenhofer correspond divisions centésimales, la distance entre deux lettres successive divisée en cent parties.

[redacted]

ıssification et représentation géométrique des couleurs.

ractères qui viennent d'être étudiés permettent de classer ɩurs dans un ordre systématique, et de construire sur ɩipes des figures géométriques représentant graphique-te classification des couleurs (tables ou cercles chro-).

ord, nous faisons abstraction de la saturation et de l'intensité urs pour ne nous attacher qu'à leur ton, nous pouvons disposer ɪrs en série linéaire, comme dans le spectre solaire; chaque ɩette ligne correspond à une impression déterminée de cou-n peut passer par des transitions insensibles d'un point à ɩais cette ligne ne peut être une ligne droite puisque les deux extrêmes, rouge et violet, se rapprochent l'une de l'autre ɪalité de ton; la ligne devra donc être une courbe, mais une ɪi présentera une interruption entre le rouge et le violet, et ɩrruption sera comblée si l'on interpose entre ces deux cou-pourpre qui, comme on l'a vu, établit la transition entre le e violet; la courbe des couleurs est alors fermée, et on peut, de simplicité, lui donner la forme d'un cercle. Dans ce cas, placer les couleurs sur la circonférence du cercle, de façon ouleurs complémentaires se trouvent aux extrémités du même

ɪe construction peut servir encore si on fait entrer en ligne ɜ la notion de saturation; dans ce cas, les couleurs saturées prismatiques et pourpre) sont placées à la circonférence, ɪut à l'heure, le blanc au centre du cercle et les différents ɩ saturation, depuis la couleur saturée jusqu'au blanc pur, és sur les rayons du cercle. On a ainsi le *cercle chroma-*

ɪn peut faire intervenir l'intensité des couleurs et donner à la forme d'un cône. La base du cône est formée par le cercle ɪue précédent et correspond au maximum d'intensité lumi-. pointe du cône répond au noir, et les parties intermédiaires ent les différents degrés de dégradation d'intensité de chacun le la base à la pointe.

s'est servi de la disposition des couleurs sur un plan pour la loi du mélange des couleurs. Il supposait représentées par les intensités lumineuses et supposait ces poids placés à



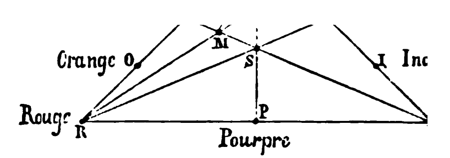


Fig. 219. — Triangle chromatique.

spectre aux trois angles, par exemple le vert, le roug
côtés du triangle comprendront les couleurs interméd
plus le pourpre. Le point S correspond au blanc et, pa
section des lignes qui joignent les couleurs complé
droites VS, RS et US représentent les quantités de ve
violet nécessaires pour former du blanc ; de même
complémentaires, bleu et rouge par exemple, qui d
quand on les mélange en quantités proportionnelles a
De même, un point quelconque M de la surface du tri
à une couleur composée qu'on peut obtenir par le
couleurs fondamentales dans les proportions données
RM, UM. Mais la ligne UM aboutit au jaune ; on pourr
le rouge et le vert par le jaune, dans la proportion de
mélangeant avec la quantité UM de violet. La même
core formée par le mélange d'une quantité JM de jaun
tité MS de blanc, ou encore d'une quantité RM de
vert-bleu. (Voir : *Physique médicale de Wundt*, trad.

On a donné diverses formes à ces figures et à c
tiques, mais je ne puis que renvoyer, pour les détails
aux ouvrages spéciaux.

[redacted]

entales, le rouge, le jaune et le bleu; mais cette st inexacte, il n'existe pas trois couleurs simples ge reproduise les couleurs intermédiaires du spec- es couleurs spectrales sont toujours bien plus satu- couleurs composées. Mais Young posa la question plus exacte, en admettant, pour l'explication des le la vision des couleurs, que les sensations colo- être ramenées à trois *sensations fondamentales,* rouge, de vert et de violet. C'est dans ce sens qu'on it parler de couleurs fondamentales, mais en se de leur attribuer une réalité objective, comme le r; elles n'ont qu'une signification subjective.

ssentielles de l'hypothèse de Young sont les sui- emprunte l'exposition à Helmholtz (*Optique phy-* ge 382) :

dans l'œil trois sortes de fibres nerveuses dont nne respectivement la sensation du rouge, du vert

ière objective homogène excite les trois espèces de es avec une intensité qui varie avec la longueur qui possède la plus grande longueur d'onde excite ent les fibres sensibles au rouge, celle de longueur fibres du vert, et celle de la moindre longueur res du violet. Cependant il ne faut pas nier, mais lmettre, pour l'explication de nombre de phéno- aque couleur spectrale excite toutes les espèces de ec une intensité différente. Supposons les couleurs osées horizontalement et par ordre (*fig.* 220, p. 826), e R jusqu'au violet V, les trois courbes représen- noins exactement l'irritabilité des trois sortes de e 1 pour les fibres du rouge, la courbe 2 pour et la courbe 3 pour celles du violet.

imple excite fortement les fibres sensibles au rouge, es deux autres espèces; sensation : rouge.

simple excite modérément les fibres sensibles au rt, faiblement celles du violet; sensation : jaune.

nple excite fortement les fibres du vert, bien plus deux autres espèces; sensation : vert.

imple excite modérément les fibres du vert et du ent celles de rouge; sensation : bleu.

« Le *violet* simple excite fortement les fibres qui lui apparte-
nent, faiblement les autres ; sensation : violet.

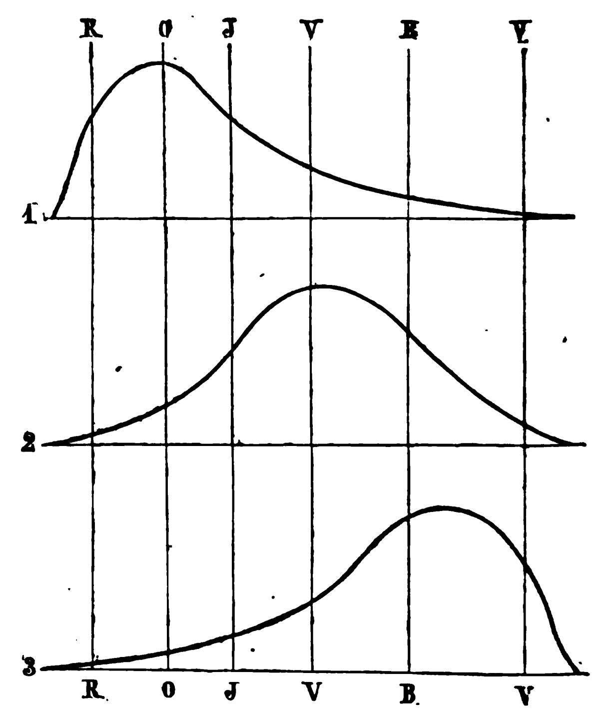


Fig. 220. — Irritabilité des trois sortes de fibres rétiniennes.

« L'excitation à peu près égale de toutes les fibres donne
sensation du *blanc* ou des couleurs blanchâtres. »

Telle est l'hypothèse d'Young, adoptée par Helmholtz dans son *tique physiologique*. Quoique cette hypothèse ait été attaquée de sieurs côtés et, en particulier, par Wundt (*Psychologie physiologique*), Fick et plusieurs autres auteurs, je crois que cette hypothèse doit conservée jusqu'à nouvel ordre, car c'est elle qui explique encore mieux les phénomènes de sensations de couleurs.

Là théorie de Young s'appuie surtout sur les faits de dyschromatopsie. On appelle ainsi une affection dans laquelle la faculté de distinguer ou plusieurs des couleurs fondamentales est abolie ou diminuée.

[redacted]

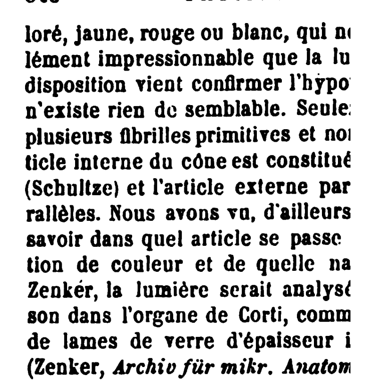
mis une *achromatopsie*, c'est-à-dire une *cécité complète pour les couleurs*, dans laquelle l'individu ne distinguerait plus que les différences de clarté et d'obscurité; mais elle n'est pas démontrée. Habituellement, la cécité est *partielle* et porte sur une seule couleur fondamentale. Quand la couleur invisible est le rouge (*daltonisme*), ce qui est le cas le plus fréquent, la partie rouge du spectre paraît noire, et, dans les couleurs composées où entre le rouge, la couleur complémentaire est seule visible; ainsi, le blanc paraît vert bleuâtre, le rouge intense et le jaune paraissent verts (voir *fig.* 220, p. 826, en supposant la courbe I supprimée), et toute distinction entre le rouge d'une fleur et le vert des feuilles, entre les signaux rouges et verts des chemins de fer sera impossible. La cécité pour le vert et pour le violet paraît beaucoup plus rare. La dyschromatopsie s'interprète facilement dans l'hypothèse de Young; elle dépend de l'absence ou de la paralysie plus ou moins complète des éléments rétiniens affectés à telle ou telle couleur.

La santonine fait voir tous les objets en jaune, et cette action de la santonine a été attribuée à une paralysie momentanée des éléments sensibles du violet, paralysie précédée d'une période d'excitation très-courte pendant laquelle on voit tout violet. D'autres auteurs ont attribué cette action à l'augmentation du pigment jaune qui recouvre la tache jaune et la fosse centrale.

La théorie de Young s'appuie encore sur ce fait qu'on peut produire artificiellement la cécité pour une couleur en excitant jusqu'à la fatigue la rétine par cette couleur. Si, par exemple, on garde longtemps devant les yeux des lunettes de verre rouge, il survient un daltonisme momentanément et la rétine devient insensible au rouge : le rouge saturé paraît noir, le rouge blanchâtre gris ou blanc.

On verra plus tard que l'hypothèse d'Young sert aussi à expliquer les images accidentelles chromatiques.

Quels sont maintenant dans la rétine les éléments impressionnables à la lumière colorée? D'après les recherches de Schultze, ces éléments seraient les cônes, tandis que les bâtonnets ne serviraient qu'à la perception des différents degrés de clarté et d'obscurité, sans sensation de couleur. Les bases sur lesquelles s'appuie cette hypothèse sont les suivantes : 1° Chez l'homme, la facilité de distinguer les couleurs est surtout marquée dans la fosse centrale, où il n'y a que des cônes, et diminue graduellement, en même temps que les cônes diminuent de nombre, à mesure qu'on se rapproche de la périphérie de la rétine; 2° les cônes manquent presque tout à fait chez les animaux nocturnes, comme la chauve-souris, le hibou, etc., et on ne trouve chez eux que des bâtonnets. Chez les oiseaux diurnes, les cônes ont bien la forme de bâtonnets, mais ils sont en rapport avec une seule fibre-axe et présentent une disposition particulière. A la réunion de l'article interne et de l'article externe, se trouve, comme on l'a vu page 806, un globule co-


loré, jaune, rouge ou blanc, qui n
lément impressionnable que la lu
disposition vient confirmer l'hypo
n'existe rien de semblable. Seule
plusieurs fibrilles primitives et no
ticle interne du cône est constitué
(Schultze) et l'article externe par
rallèles. Nous avons vu, d'ailleurs
savoir dans quel article se passe
tion de couleur et de quelle na
Zenkér, la lumière serait analysé
son dans l'organe de Corti, comm
de lames de verre d'épaisseur i
(Zenker, *Archiv für mikr. Anatom*

Le pigment jaune de la tache
pour le rouge et le violet. Du res
rétiniens affectés au rouge parai
que les autres : à la périphérie d
même manquer tout à fait. Si on
rouge, l'impression porte d'abord
nettement rouge ; si alors, sans
on fait mouvoir lentement le pain
fasse sur la rétine dans des point
serrata, l'objet paraît de plus en
bleuâtre et finit par paraître tout

6° *Images cons*

Si on fixe pendant quelque t
ple, sur un fond noir et qu'on
consécutive rouge de la croix ;
et *homochroïque*, c'est-à-dire
au lieu de fermer les yeux, on
une croix verte ; l'image cons
à-dire qu'elle a la couleur com
jet. Les images consécutives
même intensité que l'image pri
elles ont moins d'intensité lum
sont toujours positives ; les ima
positives ou négatives. On app

[redacted]

impressionne en premier lieu la rétine et donne
consécutive, ainsi, dans le cas ci-dessus, la lumière
pix, et lumière *réagissante* ou *modificatrice* celle
rétine après que celle-ci a été modifiée par la lu-
, ainsi, dans le même cas, la lumière blanche du
t donc distinguer des images consécutives *directes*
de l'action primitive de la lumière inductrice, et
irs positives, et des images consécutives *modifiées*
re positives ou négatives.

plus satisfaisante pour expliquer les images consécu-
st celle de Fechner, théorie adoptée par Helmholtz et
u reste, avec l'hypothèse d'Young exposée dans le pa-
lent. Dans cette théorie, tous les phénomènes s'ex-
ux propriétés de la rétine, par la *persistance de son*
r la *diminution de son excitabilité par la fatigue.* Les
tives positives dans l'obscurité sont dues à la persis-
ssions sur la rétine; les images complémentaires sont
d'excitabilité des éléments de la rétine affectés à la
ce et la persistance de l'excitabilité dans les éléments
leur complémentaire de la couleur inductrice.
point de vue, distinguer les cas suivants : Soit un objet
et fixé pendant longtemps ; les éléments du rouge se-
devenus inexcitables :
maintenu dans l'obscurité, les fibres du rouge étant
gissent plus et ne donnent plus la sensation du rouge;
t du violet ont été un peu excitées (*fig.* 220, p. 826),
n suffit pour donner la sensation d'une image complé-
erdâtre pâle.
ne surface blanche, les fibres du rouge, fatiguées, ne
bles par les rayons rouges contenus dans la lumière
res du vert et du violet, au contraire, sont fortement
lors l'image consécutive complémentaire intense.
de une surface de la couleur complémentaire, bleu-
uent, les fibres du vert et du violet sont fortement im-
r la lumière réagissante et l'image consécutive est
et encore plus intense que dans le cas précédent.
rde une surface de la couleur primaire, c'est-à-dire
du rouge sont très-peu impressionnées à cause de
fibres du vert et du violet le sont très-peu (voir *fig.* 220,
une image grise peu intense, résultant de l'excitation
ois espèces de fibres.
rde une surface colorée quelconque, cette couleur se



rotatifs à secteurs noirs et blancs (*disques papillot*
nomènes s'expliquent, pour la plus grande parti
Fechner. Il suffit seulement d'admettre que la ma
n'est pas la même pour les fibres correspondant
fondamentale.

La théorie de Plateau est différente. Pour lui,
tives sont dues à une nouvelle action de la rétine,
la première ; après chaque sensation vive de lumi
viendrait au repos qu'en accomplissant une série
feraient passer alternativement par des états opp
posés correspondraient à la sensation des couleu
« Lorsque la rétine, dit Plateau, est soumise à
d'une couleur quelconque, elle résiste à cette actio
l'état normal avec une force de plus en plus inte
subitement soustraite à la cause excitante, elle re
par un mouvement oscillatoire d'autant plus énergi
prolongée davantage, mouvement en vertu duqu
d'abord de l'état positif à l'état négatif, puis cont
osciller d'une manière plus ou moins régulière en

D'après Monoyer, ces images consécutives ser
phorescence de la rétine. Le mouvement vibratoire
par la lumière persiste pendant un temps plus ou
disparaître complètement pour se transformer en
moléculaires. Cette persistance des vibrations ex
ment les images positives et homochroïques. Pour
négatives et complémentaires, il invoque la loi de
émissifs et absorbants et le phénomène connu
nom de *renversement* ou *inversion du spectre* ;

[redacted]

7° *Du contraste des couleurs.*

on regarde deux couleurs placées l'une à côté de l'autre, font une tout autre impression que si on regarde cha- d'elles isolément. Chevreul a donné le nom. de *contraste tané* aux influences qu'exercent l'une sur l'autre des cou- différentes que l'on voit *simultanément* dans le champ , et réserve le nom de *contraste successif* aux phénomènes s dans le paragraphe précédent.

cke désigne sous le nom de *couleur induite* la couleur qui oduite par l'effet modificateur d'une couleur voisine, et r *inductrice* celle sous l'influence de laquelle se produit lification.

n examine, par exemple, un petit objet blanc, gris ou noir fond coloré, l'objet prend la couleur complémentaire du Si l'on place l'une à côté de l'autre deux couleurs complé- ires, chacune de ces couleurs en acquiert plus d'éclat et sité.

xpériences de ce genre peuvent être variées à l'infini. Une des éressantes est celle des *ombres colorées*. On éclaire simultané- ie feuille de papier, d'un côté par la lumière affaiblie du jour, re par la lumière d'une bougie; la lumière du jour doit arriver ouverture assez petite pour donner des ombres nettes; on place avant du papier un crayon qui projette sur le papier deux une ombre due à la lumière naturelle et qui est éclairée par la jaune-rouge de la bougie, et une ombre de la bougie qui est par la lumière blanche du jour; cependant cette ombre ne paraît nche, mais bleue, parce qu'elle prend la couleur complémentaire , couleur jaune rougeâtre pâle due à ce que le papier (partie brée) reçoit à la fois la lumière blanche du jour et la lumière ouge de la bougie. Si maintenant on regarde le papier par un irci intérieurement, de façon que l'œil puisse voir à la fois de la bougie et une partie du fond jaune rougeâtre, l'ombre de e paraît bleue; une fois cette sensation de bleu bien dévelop- on dirige le tube noirci de façon que l'œil ne voie que l'ombre ugie et n'ait que cette sensation de bleu, cette coloration bleue même quand on éteint la bougie et on ne reconnaît son erreur supprime brusquement le tube noirci ; alors le bleu sub- paraît immédiatement parce qu'on reconnaît son identité avec

le blanc qui recouvre le reste du champ visuel. Il n'y a pas d'ex rience, dit Helmholtz, qui fasse voir d'une manière plus frappante plus nette l'influence du jugement sur nos déterminations couleurs.

Les mêmes phénomènes de contraste se montrent quand la grande partie du champ visuel est occupée par une couleur pré nante. Ainsi, si l'on fixe un morceau de papier blanc ou gris ave œil et qu'on glisse derrière un verre coloré, le morceau de p prend immédiatement la couleur complémentaire du verre coloré. certains cas, quand la couleur inductrice présente une grande inte lumineuse ou lorsqu'on fixe longtemps le même point, l'objet fixé p la couleur du champ inducteur après avoir pris la couleur compl taire. Ces phénomènes sont moins constants et moins marqués, ma n'en existent pas moins quand la couleur inductrice n'occupe q petite partie du champ visuel.

Volkmann a, le premier, appelé l'attention sur la faculté que avons de discerner deux couleurs d'objets placés l'un derrière l' Si on tient très-près des yeux un voile vert, on reconnaît très-b travers le voile la couleur des objets, quoique la couleur verte d vienne se mêler à toutes les autres couleurs.

Des phénomènes de contraste analogues se présentent dans où le champ induit ne se distingue du champ inducteur que p faible différence de coloration. Si on prend un disque rotatif blanc et qu'on y inscrive quatre secteurs colorés étroits, cou leur milieu par une bande composée d'une moitié noire et d'une blanche, quand le disque tourne, ces bandes, au lieu de donner un anneau gris, comme elles le feraient sur un fond blanchâtre faiblement coloré, donnent un anneau de la couleur complémentaire de celle des secteurs colorés.



Fig. 221. — Disque rotatif.

Les mêmes phénomènes se présentent avec plus d'intensité encore dans le cas suivant : Soit un disque rotatif dont les secteurs aient la forme représentée dans la figure 221, et soient d'abord les secteurs blancs et noirs comme dans la figure. On voit, pendant la rotation, une séri neaux concentriques de plus en plus foncés à mesure q

[redacted]

u centre. Sur chaque couronne, la surface angulaire des
s est constante, et cependant chaque couronne paraît plus
partie interne, où elle confine à une couronne plus foncée,
ée à sa partie externe, où elle confine à une couronne plus
lieu du blanc et du noir, on prend deux couleurs diffé-
énomène devient très-frappant : chaque couronne présente
ions différentes à ses deux bords, bien que la coloration
it uniforme sur toute l'étendue de chaque couronne. Si
é du bleu et du jaune et que le bleu prédomine dans les
xtérieures, chaque couronne paraît jaune à son bord exté-
à son bord intérieur. Ces effets de contraste disparaissent
arque les contours des anneaux par de fines circonférences
que anneau apparaît alors avec la coloration et l'intensité
e en réalité. Ces phénomènes de contraste doivent donc
s, comme le fait observer Helmholtz, plutôt à des modifi-
s le jugement qu'à des modifications dans la sensation.
contraire, rattache les phénomènes de contraste à la théorie
consécutives.

E. — MOUVEMENTS DU GLOBE OCULAIRE.

vements du globe oculaire ont pour but de diriger le
s le point de l'espace que nous voulons fixer de façon
e de ce point aille se faire sur la tache jaune, lieu de
stincte.

oculaire, au point de vue de ses mouvements, repré-
véritable énarthrose, et ses déplacements se font d'a-
s des déplacements des articulations sphériques.

Centre et axes de rotation de l'œil.

e de rotation de l'œil ne se trouve pas exactement au
'axe optique; il est placé un peu plus en arrière (de
viron), par conséquent en arrière des points nodaux.
eux myopes, le centre de rotation est placé plus en
e dans les yeux normaux; dans les yeux hypermétro-
un peu plus en avant.

ation du centre de rotation de l'œil. — Procédé de Donders.
d'abord le diamètre horizontal de la cornée à l'aide de
mètre. Puis on fait viser successivement à droite et à gauche

doivent être employés dans le cours de cette ex
finitions sont empruntées à Helmholtz.

Dans la vision normale, les deux yeux sont t
telle façon qu'ils fixent un seul et même point;
point de regard ou *de fixation*. On nomme *lig*
ligne qui passe par le point de regard et le cent
l'œil; quoique cette ligne soit un peu en dedan
suelle, qui correspond au rayon non réfracté,
dérer comme coïncidant avec elle. Le *plan de r*
passant par les deux lignes de regard, et on p
coïncider avec le *plan visuel* où *de visée* pass
lignes visuelles. La ligne qui joint les centres
deux yeux et qui forme un triangle avec les lign
considérée comme la base de ce triangle, et appel

Les mouvements du globe oculaire peuvent
ceux de tous les solides sphériques, autour d'u
de rotation; mais, pour analyser ces mouveme
trois axes principaux, qui correspondent aux tr
l'espace, et qui sont représentés par trois dia
oculaire, se coupant à angle droit au centre
donc un *axe antéro-postérieur*, un *axe vertica*
versal, et, par ces axes, on peut faire passer t
coupent à angle droit, un plan sagittal, un plan
transversal ou horizontal (1).

Dans l'état de repos de l'œil, les lignes de reg

[redacted]

et dirigées vers l'horizon, les axes transversaux des deux sont sur une même ligne, *ligne de base*, et les plans trans-aux des deux yeux coïncident (*plan de regard*).

2° *Mouvements du globe oculaire.*

upposons d'abord les deux lignes de regard parallèles, comme qu'on regarde au loin; on peut distinguer pour l'œil trois po-ns, qu'on appelle primaire, secondaire et tertiaire.

' *Position primaire*. — Cette position correspond à l'état de s de l'œil, et au moindre effort musculaire possible. La tête droite, et la ligne de regard est dirigée au loin vers l'horizon.

° *Position secondaire*. — Cette position comprend les mou-ents de l'œil autour de l'axe transversal et de l'axe vertical. ans le premier cas, l'œil tourne autour de l'axe transversal ligne de regard (et le plan de regard) se déplace en haut en bas et fait avec la position primaire de la ligne de regard avec le plan transversal un angle variable, *angle de déplace-nt vertical* ou *angle ascensionnel* d'Helmholtz.

ans le second cas, l'œil tourne autour de l'axe vertical, la e de regard se déplace en dedans ou en dehors, et fait avec lan sagittal primaire un angle, *angle de déplacement latéral*.

ans ces deux cas, il n'y a pas de mouvement de rotation au-r de l'axe antéro-postérieur ou sagittal.

° *Positions tertiaires*. — Ces positions tertiaires comprennent s les mouvements dans lesquels il se fait un *mouvement de e* du globe oculaire (*Raddrehung*), c'est-à-dire quand l'œil rne autour de l'axe sagittal ou de la ligne de regard, quelle soit, du reste, la position qu'on donne à cette ligne. Ces mou-nents de roue ne peuvent se faire isolément; l'œil étant dans position primaire, il nous est impossible, la tête restant droite immobile, de le faire tourner autour de la ligne de regard; ce uvement de roue s'associe toujours aux déplacements verti-x et latéraux de l'œil.

Tout mouvement tertiaire peut donc se décomposer en trois uvements, une rotation autour de l'axe transversal (déplace-nt vertical), une rotation autour de l'axe vertical (déplacement éral), et un mouvement de roue autour de la ligne de regard. Ce mouvement de roue se mesure par l'angle que fait le plan

de regard avec le plan transversal o
holtz; cet angle est ce qu'on appelle
de torsion de l'œil. Ce mouvement d
l'œil tourne dans le même sens que
située en face de lui; il est dit *négat*

Donders a montré que pour une di
de regard, l'angle de rotation est to
dit qu'il y a un rapport constant ent
rotation et la valeur de l'angle de dé
l'angle de déplacement latéral. La gr
roue augmente avec l'inclinaison de
positions extrêmes, cet angle de rota

La *loi des rotations du globe oculaire*
la façon suivante : Lorsque la ligne de r
maire à une position quelconque, l'angle
seconde position est le même que si l'œil
en tournant autour d'un axe fixe perpen
seconde position de la ligne de regard
gique, page 606). Giraud-Teulon propose
formuler de la façon suivante :

Lorsque le regard passe d'une position
sidéré comme ayant tourné, par simple
perpendiculaire au plan qui contient le
leurs positions extrêmes. Il en résulte
jours placé dans l'équateur (plan frontal)

Quand les lignes de regard des deux y
sont convergentes, les résultats ne sont
les écarts sont d'autant plus considérabl
grande. Il en est de même pour les yeux

Procédés pour la détermination des m

Procédé de Ruete par les images acciden
rétine l'image accidentelle d'un ruban no
au-devant d'un mur ou d'une tenture g
des lignes horizontales et verticales. On
fixe le milieu du ruban; puis, sans dépl
quement le regard sur une autre parti
une image accidentelle du ruban qui
dont la direction se reconnaît par comp
zontales et verticales de la tenture. On
suivants :

Si on porte le regard directement en
gauche, en partant du milieu du ruban,

[redacted]

ɔu verticale, conserve sa direction et se confond avec les lignes ontales ou verticales de la tenture. Il n'y a donc pas eu, dans ces ıcements (positions secondaires de l'œil), de mouvement de roue. 'au contraire, on porte le regard dans toute autre direction, l'i- accidentelle s'incline et ne coïncide plus avec les lignes hori- les ou verticales de la tenture, et l'inclinaison est d'autant plus dérable que l'on s'écarte plus de la verticale ou de l'horizontale. ɔn dirige le regard en haut et à droite, ou bien en bas et à gauche, ge accidentelle (du ruban horizontal ou vertical) devient oblique nt en bas et de droite à gauche; si on porte le regard en haut et à ıe ou bien en bas et à droite, l'image accidentelle devient oblique nt en bas et de gauche à droite. La direction des images réti- ıes accidentelles dans ces mouvements de roue peut être figurée eux systèmes de lignes hyperboliques dont la convexité est tour- ers une ligne verticale et une ligne horizontale prises comme axes. sposition d'une croix de Saint-André, ✕, peut servir à se rappeler direction.

Fick et Meissner ont déterminé les rotations du globe oculaire à : du *punctum cæcum*.

eck, défendant une opinion déjà émise par Hunter, avait cru que, les mouvements d'inclinaison latérale de la tête, cette inclinaison compensée par une rotation du globe oculaire autour de l'axe o-postérieur, de sorte que les méridiens verticaux de l'œil ne raient pas de rester verticaux; mais cette assertion ne peut se nir en présence de ce fait que, dans l'inclinaison de la tête, les es accidentelles formées sur la rétine se déplacent dans le même et à peu près de la même quantité. Cependant Javal, sur des as- ıtes, dit avoir constaté dans une certaine mesure l'exactitude des rvations de Hueck.

ur démontrer les mouvements de l'œil, Donders a imaginé un ument, le *phénophthalmotrope*, pour la description duquel je oie au mémoire de l'auteur (*Journal de l'Anatomie*, 1870, p. 546).

ı a admis jusqu'ici que, dans le passage de la position pri- e à une position tertiaire, l'axe de rotation restait le même lant tout le cours du mouvement, et que ce passage se fai- en suivant une ligne droite; mais, en réalité, il n'en est pas ; d'après Wundt, le regard ne suit une ligne droite que dans s où les deux points successifs que l'on vise sont sur une e ligne verticale ou horizontale; dans tous les autres cas, le rd décrit, en passant d'un point à l'autre, des arcs de cer- dans le mouvement du regard en dehors les arcs de cercle

ont leur convexité tournée en dehors; elle est tournée en dedans quand la ligne de regard se porte en dedans.

Les mouvements des deux yeux sont solidaires. Dans les conditions ordinaires, nous dirigeons les deux lignes du regard vers le même point de l'espace. Les mouvements simultanés des deux yeux sont toujours associés; on ne peut à la fois lever un œil et abaisser l'autre; nous pouvons faire converger les lignes de regard pour regarder un objet très-rapproché; mais nous ne pouvons faire diverger ces deux lignes de façon que l'œil droit regarde à droite et l'œil gauche, à gauche. On peut cependant, par l'exercice, arriver à se rendre assez maître des mouvements oculaires pour dissocier, au moins dans de certaines limites, les mouvements des deux yeux.

3° *Action des muscles de l'œil.*

Pour connaître l'action des muscles de l'œil, il faut d'abord, pour chaque muscle, déterminer la position de son axe de rotation, c'est-à-dire l'axe autour duquel le globe oculaire doit tourner quand le muscle se contracte. Cet axe de rotation est perpendiculaire à la direction du muscle et sa position est déterminée par les trois angles que cet axe de rotation fait avec les trois axes principaux du globe oculaire. Ce sont ces angles que donne le tableau suivant, d'après Fick, l'œil étant supposé dans la position primaire :

Muscles.	Angle que l'axe de rotation fait avec la ligne de regard.	l'axe vertical.	l'axe transversal.
Droit supérieur. . . .	111°,21′	108°,22′	151°,1[illegible]′
Droit inférieur	63°,37′	114°,28′	37°,4[illegible]′
Droit externe.	96°,15′	9°,15′	95°,37′
Droit interne.	85°,1′	173°,13′	94°,2[illegible]′
Grand oblique.	150°,16′	90°	60°,1[illegible]′
Petit oblique	29°,44′	90°	119°,4[illegible]′

On peut, d'après ces données, résumer ainsi l'action de chacun de ces muscles :

1° *Droits interne et externe.* — Leur axe de rotation coïncide à peu près avec l'axe vertical de l'œil; aussi font-ils tourner l'œil à peu près directement en dedans ou en dehors.

[redacted]

ts supérieur et inférieur. — L'axe de rotation de ces
st horizontal, mais il est oblique en avant et en dedans
c la ligne de regard un angle d'environ 70°. Le droit
porterait donc le regard en haut et en dedans, le droit
en bas et en dedans, si ces muscles agissaient isolément.
id oblique et petit oblique. — L'axe de rotation de ces
st horizontal, et dirigé en avant et en dehors; il fait,
gne de regard, un angle d'environ 30°. Le grand obli-
ra donc le regard en bas et en dehors, le petit oblique
t en dehors; ces deux muscles produisent, en outre, un
ivement de roue de l'œil.
u plus haut que dans tous les mouvements de l'œil,
rotation se trouve situé dans le plan frontal ou dans
de l'œil, à l'exception des mouvements de roue. Or, il
l'axe de rotation des droits interne et externe qui soit
cet équateur, et, par suite, pour tous les autres mou-
l faudra le concours de plusieurs muscles. Il en résul-
: que, suivant le mouvement que le globe oculaire
l y aura un, deux ou trois muscles en activité. Le tableau
ɔnne les muscles qui entrent en action pour les divers
nts possibles du globle oculaire.

de muscles activité.	Direction du regard.	Muscles en activité.
—	—	—
. . . . .	En dedans	Droit interne.
	En dehors	Droit externe
. . . . .	En haut	Droit supérieur. Petit oblique.
	En bas.	Droit inférieur. Grand oblique.
. . . . .	En dedans et en haut. .	Droit interne Droit supérieur. Petit oblique.
	En dedans et en bas . .	Droit interne. Droit inférieur. Grand oblique.
	En dehors et en haut . .	Droit externe. Droit supérieur. Petit oblique.
	En dehors et en bas. . .	Droit externe. Droit inférieur. Grand oblique.



Le *champ visuel* est déterminé par la la
et par sa position par rapport au bord de la co
intercepté par les lignes visuelles extrêmes
centre de la pupille et tombent sur des part
sionnables de la rétine. Comme nous ne voy
visuel les objets qui occupent trois dimensio
sous deux dimensions seulement, il s'ensuit q
apparaissent *comme s'ils étaient sur une surf*
visuel se présente comme une surface d'une
dans la position primaire, il a la forme d'un c
enlevé une lunule à la partie inférieure et q
échancrure au côté nasal. Ce champ visuel su
de l'œil et se déplace avec lui. Chaque point
donc son correspondant sur la rétine, et le
que nous fixons correspond toujours au centr
et plus l'angle que fait un point du champ v
de fixation est considérable, plus la vision est

On peut considérer, en effet, le champ vis
l'espace située dans ce champ) comme constitué
sphères concentriques dont les centres se trouver
de l'œil. Chaque point de l'une quelconque de ces
distance du point nodal, et tous les points de l'esp
même sphère, font sur la rétine des images sym
rapports de distance et de situation sont conservé

[redacted]

rents, et ils donnent sur la rétine deux images différentes dont la ance rétinienne dépend uniquement de l'angle intercepté par les x rayons, quelle que soit du reste la distance qui sépare l'une de tre les deux sphères considérées. C'est ce qu'on exprime en disant les images rétiniennes sont *perspectives* ; et, pour égalité de l'angle rcepté, l'image perspective se fait d'autant plus *en raccourci* que la ance des deux sphères est plus considérable. C'est ce que démontre premier aspect la construction géométrique de la figure.

œrster a imaginé un instrument, le *périmètre*, très-commode pour surer l'étendue du champ visuel.

F. — VISION BINOCULAIRE.

La vision binoculaire agrandit le champ visuel, mais elle a tout pour but de nous donner, d'une façon plus complète que la vision monoculaire, la notion de la position d'un objet et cialement celle de la solidité des corps, ou la perception de profondeur.

1° *Vision simple avec les deux yeux.*

i on fixe un objet (¹), un point, par exemple, avec les deux x, de façon que son image tombe sur le centre des deux les jaunes, ce point est vu *simple* ; au contraire, un point P, é en avant du point fixé A, fera son image sur les deux rétines dehors de la tache jaune et sera vu *double*; ses deux images nt *croisées*, celle de gauche disparaîtra si on ferme l'œil droit, réciproquement; un point R, situé en arrière du point fixé A, aîtra aussi *double*, et ses images se feront sur les deux rétines, dedans de la tache jaune et du côté nasal; mais ces images seront plus croisées : celle de droite appartiendra à l'œil t, celle de gauche à l'œil gauche, et chacune d'elles disparaî- quand on fermera l'œil du même côté. On remarque aussi plus les points P et R seront éloignés du point A, plus les ges s'écarteront sur la rétine du centre de la tache jaune et

(¹) L'expérience se fait facilement avec trois épingles qu'on pique sur à des distances convenables ou simplement avec deux doigts derrière l'autre, en fixant alternativement le plus rapproché et gné.

plus la distance des deux images doubles augmentera; en outre, la distance des deux images croisées du point P sera, toutes choses égales d'ailleurs, toujours plus grande que celle des images non croisées du point R.

Dans l'expérience précédente, les deux lignes visuelles convergent vers le point A, et l'observation nous apprend que l'objet est vu simple quand il est placé au point d'entre-croisement des deux lignes visuelles. L'expérience suivante est encore plus démonstrative. Si on tient devant chaque œil un tube noirci, les deux ouvertures des tubes sont vues simples pour un certain degré de convergence des yeux; si la convergence augmente ou diminue, ils sont vus doubles. Il en est de même si on vise par les tubes deux objets semblables, par exemple deux sphères; on ne voit qu'un seul objet, qu'on localise au lieu d'entre-croisement des lignes visuelles.

Il n'est pas nécessaire, pour qu'un objet soit vu simple, que son image vienne se faire dans les yeux sur le centre de la tache jaune; un objet est encore vu simple quand son image se fait, dans les deux yeux, sur des endroits *correspondants* des deux rétines. Si on suppose les deux rétines droite et gauche superposées de façon que les centres des deux taches jaunes, ainsi que les méridiens verticaux et horizontaux coïncident, les points correspondants des deux rétines se superposeront exactement; la partie supérieure et la partie inférieure de la rétine gauche correspondront à la partie supérieure et à la partie inférieure de la rétine droite; le côté nasal de la rétine droite correspondra au côté temporal de la rétine gauche, et réciproquement, et la position des points *correspondants* des deux rétines pourra être déterminée par leur rapport avec le centre de la tache jaune et les deux méridiens principaux.

On a recherché géométriquement quels sont les points du champ visuel qui vont ainsi former leur image sur des points correspondants de la rétine, et on a donné le nom d'*horoptre* ou d'*horoptère* à l'ensemble de ces points. Tous les objets situés dans l'horoptre sont vus simples.

L'*horoptre* varie suivant la position des yeux.

Dans la position *primaire* des yeux, l'horoptre est un plan constitué par le sol lui-même. Il en est de même dans les positions secondaires lorsque les lignes de regard sont parallèles et dirigées à l'infini.

[redacted]

les positions *secondaires* avec convergence des deux yeux, tre est : 1° un cercle qui passe par le point fixé et les points t des deux yeux (sont égaux en effet tous les angles qui ont mmet à un des points de la circonférence et dont les côtés pasar les points nodaux) ; 2° une ligne menée perpendiculairement es points de cette circonférence.

s les positions *tertiaires* avec convergence symétrique et mouvee roue, les méridiens verticaux des deux yeux ne sont plus paralomme dans les deux premières positions ; cependant ils sont iques par rapport au plan média 1 de la tête. Dans ce cas, l'hoest : 1° une droite contenue dans le plan médian, passant par le le fixation et plus ou moins inclinée par rapport au plan visuel ; ercle incliné sur le plan visuel et qui passe par un point de roite et par les points nodaux des deux yeux.

toutes les positions *tertiaires* avec convergence insymétrique, tre est une courbe très-compliquée dans laquelle se trouve le xé, et, pour certaines positions de l'œil, c'est une courbe à dourbure.

2° *Diplopie binoculaire.*

sulte des expériences précédentes que tous les objets qui ouvent pas dans l'horoptre, ou qui, autrement dit, ne font r image sur des points correspondants des deux rétines, être vus doubles. C'est, en effet, ce qui arrive généraleauf certaines exceptions très-importantes qui seront étulus loin.

oit donc que la présence d'images doubles doit être prestinuelle dans le champ de la vision et que, lorsque nous in objet, en dehors des parties du champ visuel qui font ige à la tache jaune, toutes les parties de ce champ qui ient sur les zones périphériques de la rétine (vision indionnent lieu à des images doubles. Seulement, à cause de de et des mouvements continuels des yeux, cette diplopie happe, et, pour la constater, il faut se mettre dans des ns particulières souvent difficiles à réaliser ; il faut d'abord liser l'œil, en s'assurant un point de fixation bien déter- l faut ensuite donner aux images doubles à distinguer, rations ou des intensités différentes, de façon à rendre ir interprétation comme images d'un même objet.

pie binoculaire se montre non-seulement dans la

vision indirecte, mais elle peut se montrer aussi dans la directe. Si on fixe un objet dans le champ visuel, et qu'a doigt on déplace un peu un des yeux, les lignes visuel convergeant plus, tout le champ visuel de cet œil se déplac lui et tous les objets, même le point fixé, paraissent do C'est ce genre de diplopie binoculaire qu'on observe dans de *strabisme*.

Dans les cas précédents, la diplopie était toujours d que les images d'un point ou d'un objet allaient se faire points non correspondants des deux rétines. Mais il n'en toujours ainsi, et dans certains cas les images formées points correspondants de la rétine peuvent former des doubles.

Ce fait, très-important au point de vue théorique, est dém l'expérience suivante de Wheatstone. Soient deux systèmes d (*fig.* 222) qu'on regarde dans un stéréoscope : G est vu avec l'

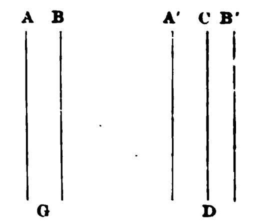


Fig. 222. — Expérience de Wheatstone.

che ; D avec l'œil droit ; les lignes AB, A'C sont parallèles et é distantes l'une de l'autre ; or, si dans le stéréoscope on fixe A et A', elles se fusionnent en une seule ligne ; il en est de m et B', tandis que C paraît isolément, ainsi B et C sont vues quoique leurs images tombent sur des points correspondants rétines.

L'expérience suivante, de Giraud-Teulon, est aussi instructi détermine sur les deux yeux deux phosphènes, par la pres deux corps mousses, sur des points correspondants des de oculaires, les deux phosphènes coïncident et on a une sensatio si alors, sans déranger les points d'application des pointes m fait mouvoir légèrement une des pointes et l'œil sur lequ pose, on voit deux phosphènes, quoique les deux images toujours les mêmes points correspondants de la rétine comm l'heure ; et, ce qui prouve que c'est bien le globe oculai

[redacted]

et non la pointe qui glisse sur l'œil, c'est que si on répète l'ex-ce les yeux ouverts, on voit très-nettement une seconde image ique objet marcher en sens inverse du phosphène.

3° *Fusion des images doubles.*

vient de voir que les images doubles se fusionnaient quand étaient semblables et se faisaient sur des points correspon-des deux rétines. Mais cette fusion peut encore se faire, quand les deux images sont dissemblables et se font sur ints non correspondants des deux rétines, et même, comme verra plus loin, cette différence des images rétiniennes est ondition de la perception de la solidité des corps. Cette tient, tantôt à ce que les images doubles ont certaines communes et se recouvrent partiellement, de sorte qu'elles facilement confondues, comme dans les vues stéréoscopi-tantôt à ce que les images, sans se recouvrir, sont cepen-très-voisines ou très-peu différentes l'une de l'autre; c'est qu'on peut fusionner en une impression simple deux s de rayon un peu différent. Mais toujours, dans ce fusion-t, intervient un acte psychique, une tendance au fusion-t des images doubles quand elles ne sont pas trop dissem-s.

e fusion des images doubles se voit surtout bien dans les iences stéréoscopiques.

4° *Convergence des lignes visuelles.*

onvergence des axes optiques ou des lignes visuelles joue grand rôle dans la vision binoculaire. Quand nous fixons et avec les deux yeux, chaque image rétinienne de l'objet jetée sur la direction d'une ligne (ligne visuelle) qui passe bjet et la fosse centrale, et l'objet, ainsi projeté à l'entre-ment des deux lignes visuelles, est vu simple. La direction lignes et la position des yeux nous sont données par la nce musculaire, et c'est même d'après le degré de la con-ce que nous pouvons juger de la distance absolue d'un Cette influence de la convergence des deux yeux est bien

sensible dans l'expérience des deux tubes noircis, m
page 842.

Les illusions dues à la convergence se produisent assez fa
un objet très-rapproché, vu par la vision indirecte, nous par
plus petit et plus rapproché que nous augmentons la conver
lignes visuelles. Il en est de même dans la vision directe: si
un objet à travers deux lames de verre faisant entre elles
droit, quand le sommet de l'angle est tourné vers les deux
jet paraît plus grand et plus éloigné; quand ce sommet est t
l'objet, celui-ci paraît plus petit et plus rapproché (Rollett).

5° *Vision binoculaire des couleurs*

Quand deux champs colorés différemment sont vi
lairement, par exemple dans le stéréoscope, les résulta
suivant les conditions de l'expérience, et aussi suivant
rimentateurs. Les uns, tels que Dowe, Brücke, voient
résultante, tandis que d'autres observateurs, comme He
et je me rangerais, pour ma part, à son avis, — n'
venir à la voir (¹).

Une expérience curieuse de Fechner montre l'influence
de couleur d'un œil peut exercer sur l'autre. Si on regar
droit, le ciel avec un verre bleu, tandis que l'œil gauche
ciel sans verre, l'œil droit a une image consécutive com
de la couleur du verre, l'œil gauche une image consécutiv
couleur que le verre.

Deux théories principales ont été invoquées pour e
phénomènes de la vision binoculaire: la *théorie des p
tiques* et la *théorie de la projection*.

Dans la *théorie des points identiques*, adoptée par J. Mü
etc., les points correspondants des deux rétines se recouv

(¹) Si je place sur une feuille de papier blanc deux pains
couleur différente et que, en amenant une diplopie légère de
pose les deux images, je vois *à la fois* les deux couleurs,
travers l'autre; tantôt l'une domine, tantôt l'autre, ce qui
pendre de variations de l'accommodation, et l'image bicolore
plus foncée, a moins d'intensité lumineuse que les images
pains à cacheter.

[redacted]

ppose les deux rétines exactement superposées, et les deux urraient, suivant l'expression d'Héring, être remplacés par un médian. Les objets sont vus simples quand leurs images occu- points identiques des deux rétines. Il y aurait, dans ce cas, anatomique et innée entre les deux rétines. Les partisans de ie d'identité s'appuient sur ce fait, qui est vrai d'une façon géné- st que les images semblables, faites sur des points correspon- nnent une sensation simple; ainsi dans l'expérience primitive phènes, citée plus haut, page 844. Mais il n'en est pas toujours l'expérience, modifiée par Giraud-Teulon, montre que des ima- blables peuvent se faire sur des points identiques de la rétine r lieu à une sensation double; c'est ce que prouve aussi l'ex- de Wheatstone (*fig.* 222, p. 844). D'un autre côté, les phéno- e vision stéréoscopique prouvent que des images rétiniennes es peuvent se fusionner et donner une seule impression, même les tombent sur des points non identiques. Enfin, il est assez e concevoir une concordance anatomique si mathématiquement es deux rétines que l'exige la théorie de l'identité.

a fait subir à cette théorie la modification suivante pour la n rapport avec les faits. Pour lui, chaque point *a* d'une des erait identique, non avec un point *a'* de l'autre rétine, mais cercle sensitif A qui lui correspondrait dans l'autre, de sorte ge faite au point *a* pourrait se fusionner avec l'image faite en onque des points rétiniens situés dans le cercle sensitif A. revient simplement à dire que les images se fusionnent d'au- facilement qu'elles se font sur des points plus rapprochés des entiques.

ception de la profondeur est l'écueil de la théorie de l'identité. a bien émis l'idée que nous ne percevons la troisième dimen- corps qu'à condition de promener continuellement nos regards ifférents contours des objets, de façon à recevoir successive- r les points identiques de la tache jaune, les images de tous s de ces contours. Mais Dove a montré qu'on peut fusionner s doubles et stéréoscopiques à l'éclairage *instantané* de l'étin- ctrique.

fait intervenir une condition nouvelle et considère la percep- a profondeur non comme un acte de jugement et d'expérience, nme un attribut inné de la sensation rétinienne. « Il admet t d'excitation les différents points de la rétine provoquent es de sentiments d'étendue. La première répond à la position ur de la portion de la rétine correspondante, la seconde à sa n largeur. Les sentiments de hauteur et de largeur, dont la donne la notion de direction relativement à la position de ns le champ de la vision, sont égaux pour les points rétiniens

plète.

Dans la *théorie de la projection*, on admet que c
rétinienne est projeté dans l'espace dans la
visuelle, direction dont nous avons conscience
culaires qui accompagnent la position que nous
L'image, ainsi projetée, se localise dans le poin
par les lignes de direction (lignes visuelles) d
dire à l'intersection de ces deux lignes. Cepen
projection, ainsi conçue, n'explique pas tous le
exemple, on place sur une surface blanche deu
tance des deux points nodaux des yeux, et si o
façon que le point droit se trouve dans la ligne
le gauche dans celle de l'œil gauche, on voit
le milieu de la distance des deux points; donc,
en projection de l'image suivant les lignes de dir
holtz, qui adopte la théorie de la projection, r
les partisans de cette théorie ont exagéré l'imp
suivant les lignes de direction, et se borne à a
jetons dans l'espace, par un acte psychique, l
nous nous faisons des objets.

La théorie de l'identité a été appelée aussi *thé*
que ses partisans croient, en général, à un méc
duquel la notion de l'espace dérive de l'excitat
nerveuses. Cependant la plupart d'entre eux ne
ring et reconnaissent l'influence de l'expérien
phénomènes de la vision monoculaire.

La théorie des projections est aussi appelée
parce que, d'après le plus grand nombre de se
d'espace et en particulier la notion de la profon
nies par l'expérience seule. Cependant que

ɢ. — PERCEPTIONS VISUELLES. — NOTIONS FOURNIES PAR LA VUE.

1. — CARACTÈRES DES PERCEPTIONS VISUELLES.

1° *Extériorité des sensations visuelles.*

ous rapportons nos sensations visuelles au monde extérieur, par conséquent en dehors de nous, ou plutôt en dehors du ie oculaire, car ce sentiment d'extériorité existe aussi pour parties de notre propre corps que nous regardons. Mais ce iment d'extériorité me paraît une chose acquise par l'exercice habitude, et non innée, comme le croient beaucoup de physiologistes. Si on détermine un phosphène oculaire par la pres-, l'image phosphénienne nous semble, non pas extérieure au ie oculaire, mais localisée à la périphérie même de ce globe, point diamétralement opposé au point comprimé. En effet, si, servant les yeux fermés, nous voulons atteindre avec le doigt eu de l'espace où se produit le phosphène, le doigt vient se rter invariablement à la paupière. Il est difficile de savoir les sont les sensations d'un nouveau-né; mais, ce qui est ain, c'est que, dès que l'enfant commence à regarder, il croit tous les objets qu'il voit sont à sa portée, et avance la main r les saisir. Un aveugle-né, opéré par Cheselden, s'imaginait, les premiers temps, que tous les objets qu'il voyait touent ses yeux, de même que les objets sentis sont au contact peau.

2° *Vision droite.*

s images rétiniennes sont, comme on l'a vu, renversées, et disposition a beaucoup embarrassé les physiologistes et les sophes qui ont cherché à la concilier avec la vision droite. ie bornerai à rappeler les théories les plus importantes, et nner ensuite l'explication qui me paraît la plus acceptable.

cat croit que nous voyons les objets renversés, mais que l'esprit, périence acquise par le sens du toucher, a appris à rectifier notion fournie par la sensation visuelle. Pour J. Müller, quoi-

que nous voyons chacun de leurs points suivant la
lumineux qui impressionnent la rétine; la rétine
rium non-seulement l'excitation nerveuse qui c
lumineuse, mais la *direction* du rayon lumineux
le fait remarquer Béclard, l'excitation n'a pas
mathématique, mais suivant une ligne, suivant l'
bâtonnet, et cette ligne nous indique la directi
lumineux. Il me semble, en effet, qu'il y a là *un*
solution du problème. La rétine n'est pas seulemen
une épaisseur appréciable, et de même que les
sives de points contigus de cette membrane situés
nous donnent la sensation d'une ligne transversal
tations successives de points contigus disposés en
d'un cône ou d'un bâtonnet, nous donneraient la s
dirigée dans l'espace suivant la prolongation de l'
à-dire de la direction du rayon lumineux. Les imp
pourraient donc, dans ce cas, être localisées suiva
de l'espace : en longueur, en largeur et en prof
objecter à cette hypothèse que, dans le cas d'une
les points contigus de la rétine impressionnés s
que, dans l'autre cas, les points impressionnés app
élément, cône ou bâtonnet, et ne peuvent donn
unique; mais si on a égard à la structure lamellair
(voir page 806), on peut considérer chaque cône c
la réunion d'un certain nombre d'éléments distinc
bles, et on voit que la disposition anatomique des
nets n'exclut en rien cette hypothèse.

Mais il faut, en outre, faire intervenir un autre
blème. Quand nous parlons d'objets droits et d'objet
et de bas, nous rapportons toujours les objets extér

ement correspondant de la tête (renversement en arrière). Il en même pour ce qui est en bas, à droite, à gauche, et ces mots e sens pour nous que par les relations qu'ils expriment avec les ntes parties de notre corps.

reur de la plupart de ceux qui ont cherché à expliquer la vision c'est cette idée que le sujet est censé observer sa propre rétine l a une connaissance innée de la forme de cette membrane et position qu'y occupent les différentes extrémités nerveuses; en , nous ne connaissons pas plus l'image rétinienne que nous ne issons les muscles qui entrent dans un mouvement donné; nous issons uniquement des sensations qui sont en relation de coexis- et de succession avec d'autres sensations soit de même nature, e nature différente, et à ce point de vue on pourrait dire, avec holtz, qu'il n'y a même pas lieu de poser la question de la vue avec les images renversées. Nos perceptions, en effet, ne sont es images des objets, mais des actions des objets sur nos organes; ne sont pas objectives, mais subjectives ([1]).

3° *Localisation des perceptions visuelles.*

a question de la localisation des perceptions visuelles dans ace a déjà été traitée incidemment dans le paragraphe pré- nt, à propos des théories de la vision droite; cependant, le demande quelques éclaircissements.

it d'abord la vision monoculaire. Une première remarque générale e, c'est que la localisation d'une perception visuelle ne peut se que par comparaison avec d'autres perceptions visuelles et par relation avec la position même de l'œil et de la tête. Supposons plongé dans l'obscurité la plus profonde; qu'on fasse apparaître ement un point lumineux, nous aurons, en fixant ce point, la no- le sa position par rapport à la position de l'œil et de la tête, mais n'aurons aucune notion de sa position dans l'espace. Qu'on fasse apparaître un deuxième point lumineux, nous pourrons alors ser le deuxième point lumineux par rapport au premier, et nous ns s'il est situé au-dessus, au-dessous, en dehors ou en dedans. calisation des perceptions visuelles exige donc la coexistence ou

---

Dans la théorie de Rouget (voir page 807), les rayons lumineux n'agis- ur les bâtonnets et les cônes qu'après leur réflexion sur la choroïde; ée par les conditions optiques de l'œil se trouve redressée et le renversement physique est compensé et annulé. (Note ... M. Duval sur la rétine, p. 107.)

la succession de plusieurs impressions visuelles que nous dans l'espace, dans des positions réciproques en rapport avec tion réciproque des points rétiniens excités.

Nous pouvons considérer trois directions principales corr aux trois dimensions de l'espace: la direction transversale (la direction verticale (hauteur), la direction sagittale (profondeur ce qui a été dit plus haut, la localisation de points lumineu une direction transversale ou verticale (sur une ligne transv verticale), ou autrement dit la *localisation en surface* d'un présente aucune difficulté et nous voyons, soit simultanémen l'œil est immobile), soit successivement (quand l'œil se dépl les points d'une ligne transversale ou verticale, en même te la série des impressions simultanées (rétiniennes) ou su (musculaires) nous donne la notion de la direction de cet Mais pour la direction sagittale il n'en est plus de mêm ne pouvons voir qu'un seul point de cette ligne à la fois ; soit, (*fig.* 223), une série transversale d'éléments rétiniens AB, et

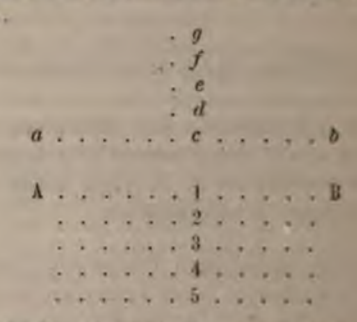


Fig. 223. — Localisation des perceptions visuelles.

de ces éléments constitué par un certain nombre d'élémen petits, 1, 2, 3, 4, situés dans l'axe de chaque élément principa d'autre part, la ligne transversale *ab*, située dans l'espace et co par une série de points juxtaposés, chacun de ces points imp nera un des éléments rétiniens et on aura la perception d'un transversale, les points rétiniens impressionnés étant juxtapos mêmes en série continue, suivant une direction transversale ; n'en sera plus de même pour les points *c, d, e, f, g*, situés dans en série linéaire, suivant la direction sagittale ; un seul des p point *c*, impressionnera l'élément rétinien correspondant et n pourrons donc voir à la fois qu'un seul point de la ligne *cg*. Ma aurons, malgré cela, la notion de la direction de cette ligne supposons chaque élément rétinien formé par la série de petits

[redacted]

s impressionnables, 1, 2, 3, 4, 5, situées l'une derrière l'autre; : notion de direction sera encore plus nette et il viendra s'y adjoin- a notion réelle de la profondeur de l'espace si nous accommodons essivement, pour les différentes distances de la ligne *cg*, de façon les divers points de cette ligne viennent exciter successivement le e élément rétinien. Il se passe là le même acte, acte musculaire, quand nous déplaçons l'œil horizontalement le long d'une ligne sversale, de façon que chacun des points de cette ligne fasse suc- ivement son image sur le même élément rétinien. Seulement, cette n de la profondeur est bien moins nette que les notions des deux s dimensions de l'espace, et c'est précisément le but principal de sion binoculaire de donner à cette perception de la profondeur e sa puissance et toute sa netteté.

4° *Continuité des perceptions visuelles.*

es excitations lumineuses *simultanées* excitent des éléments ncts de la rétine; ainsi, une ligne transversale excitera cent ts, je suppose, en série transversale: mais, chaque élément ressionné donnant une sensation *distincte*, il devrait y avoir, me résultat final, perception de cent points juxtaposés en e linéaire transversale et non perception d'une ligne *continue*. ésumé, nous devrions voir une sorte de *mosaïque* analogue rtains dessins pointillés. Il faut très-probablement faire in- enir ici l'influence de l'habitude et cette tendance au fusion- ent des images, déjà mentionnée plusieurs fois dans le cou- du chapitre. Il n'y a qu'à se reporter au mécanisme par el se comble la lacune du *punctum cæcum* (page 801) pour prendre facilement comment nous arrivons aussi à combler s ces petites lacunes que l'indépendance des éléments réti- s produit dans le champ visuel. Ce qui semble parler en ir de cette hypothèse, c'est que, dans certains cas, ces lacunes visibles et perceptibles. Ainsi, le matin surtout, au moment éveil, il survient quelquefois, soit par des actions mécani- , soit sous l'influence d'une impression lumineuse vive, soit cause appréciable, des phénomènes entoptiques consistant oints colorés (ordinairement bleuâtres ou violets) disposés une régularité admirable qui rappelle tout à fait la disposi- les cônes sur la tache jaune, et séparés par des intervalles irs; la figure est trop régulière pour que l'excitation ait

porté seulement sur quelques-u
les autres, et on ne peut guère a
tation d'une région localisée de l
elle se fait d'une façon inaccout
et nous percevons chaque excita
et indépendante; la mosaïque n

2. — NOTIONS FOI

1° *Grandeu*

Le champ visuel n'a, pour n
déterminée. Nos notions sur la
les dimensions de l'image rétin
ciation de la distance. Le jugem
rôle dans l'appréciation de la g
l'exercice et de l'habitude. Dans
du globe oculaire interviennen
précision encore, cette notior
de comparer deux grandeurs o

Illusions de la grandeur. — l
exactement les différences de lon
son est beaucoup plus difficile, à
pare une ligne verticale à une lig
verticales nous paraissent plus lo
même longueur; quand on veut
trop court et la différence des de
La distance *cd* (*fig.* 224) nous p

a . . . . . .

c .

Fig. 224. — Ill

qui est séparée par des points in
l'horizon, nous paraît plus gran
objets situés devant nous, nous s
la direction duquel l'œil ne renc
point de comparaison. Aussi la v
hémisphérique, mais celle d'une

2° *Distance des objets à l'œil.*

a distance des objets à l'œil peut s'apprécier par la vision monlaire seule. Dans ce cas, cette appréciation se base, en prer lieu, sur la grandeur apparente de l'objet (angle visuel), et omparaison de cette grandeur avec celle d'autres objets voi- ou intermédiaires déjà connus; un autre élément intervient i, ce sont les caractères mêmes de l'image, sa netteté, son t, les détails plus ou moins nombreux qu'il nous est permis listinguer. Aussi, dans les pays montagneux, où l'air est plus et plus transparent, les habitants des plaines se trompent-ils lement sur la distance des montagnes qu'ils aperçoivent à rizon et qui leur paraissent plus rapprochées qu'elles ne le t en réalité, à cause de la netteté de leurs contours. L'accomdation, même seule et en l'absence de toute autre condition, t nous servir pour l'appréciation de la distance, mais seuent pour le passage de la vision éloignée à la vision rapchée.

ans la vision binoculaire, nous sommes renseignés sur la dis- e d'un objet par le sentiment que nous avons du degré de vergence des deux lignes de regard, autrement dit, par une sation musculaire. Cependant l'appréciation de la distance olue est souvent très-difficile et expose, comme l'ont montré ndt et Helmholtz, à des illusions assez considérables. Si, les x étant fermés, on tient un crayon à une certaine distance du ge et qu'on cherche à amener les yeux dans une position qu'on le fixe au moment où on ouvre les yeux, la plupart temps la convergence est insuffisante et le crayon paraît ble.

3° *Direction.*

omme la rétine est sphérique, les lignes droites, quand elles une certaine longueur, présentent toujours une courbure réciable. Si nous tenons une règle horizontalement au-dessus l'œil, son arête offre une concavité inférieure; si elle est au- l'œil, une concavité supérieure. L'appréciation de la

direction des lignes ne se fait pas exactement de la même façon pour les deux yeux. Si on trace deux lignes se coupant à angle droit, l'une horizontale, l'autre verticale, pour la plupart des individus, pour l'œil droit, les angles situés à droite et en haut, en bas et à gauche, paraissent obtus, les autres aigus, et c'est l'inverse pour l'œil gauche.

Dans la vision indirecte, l'estimation de la direction est encore plus incertaine; si on se penche au-dessus d'une grande table, de façon à n'avoir plus, dans le champ visuel, de ligne droite qui puisse servir de point de repère, et que, fixant un point de la table, on cherche à placer trois pains à cacheter en ligne droite, à une certaine distance du point de fixation, on s'apercevra qu'on les dispose toujours suivant un arc dont la convexité est tournée vers le point de fixation.

L'expérience suivante, due à Zœllner, est un exemple curieux des illusions de direction. On trace, à la distance de 5 à 8 millimètres les unes des autres, une série de bandes verticales, et, par conséquent, parallèles; puis, sur chacune de ces bandes verticales, on trace des lignes parallèles égales et équidistantes qui les croisent obliquement, en les disposant de façon que leur obliquité soit de sens inverse pour deux bandes verticales voisines; dans une figure ainsi disposée, les bandes noires, au lieu de rester parallèles, paraissent convergentes ou divergentes, et semblent prendre une direction inverse de celle des lignes obliques qui les coupent.

4° *Solidité des corps; stéréoscopie.*

La perception de la profondeur a déjà été étudiée dans les paragraphes précédents (pages 850 et 852), et c'est à cette perception de la profondeur que nous devons la notion de la solidité des corps. Cette notion est liée essentiellement à la vision binoculaire; elle est la conséquence de la projection *stéréométrique* des deux images rétiniennes, et, pour les objets vus en profondeur, ces deux images sont toujours différentes. C'est ce que prouvent, d'une façon indubitable, les phénomènes de la *stéréoscopie*.

Stéréoscopie. — Le stéréoscope a été imaginé par Wheatstone en 1833. Son principe est le suivant : Lorsque nous regardons un objet, un solide quelconque, par exemple, nos deux yeux le voient sous deux points de vue un peu différents ; ainsi soit un livre placé verticalement au-devant des yeux, dans le plan médian, et présentant son dos

les deux yeux sont ouverts, on voit à la fois le dos et les deux
its du livre ; si on ferme l'œil droit, on ne voit plus que le
ôté droit ; si on ferme l'œil gauche, c'est le dos et le côté
iaque œil reçoit donc une image perspective différente du
ors vous représentez séparément sur un plan chacune de
nages et que vous les fassiez arriver simultanément sur des
espondants des deux rétines, vous aurez d'une façon saisis-
tion corporelle de l'objet comme si vous regardiez l'objet

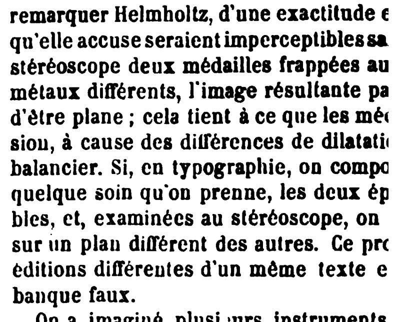
res stéréoscopiques doivent donc répondre à deux perspec-
entes du même objet, prises à des points de vue différents,
oscope a simplement pour but de permettre à l'observateur
ie et le maintien de la position convenable des yeux pour
ider ces images. Le stéréoscope de Wheatstone se composait
iroirs qui réfléchissaient les images de façon à les faire coïn-
cider comme si elles se trouvaient dans le même endroit. Le stéréoscope à prismes, de Brewster, est plus usité. Il se compose (*fig.* 225) de deux prismes p et π dont les sommets se regardent ; il en résulte que les points c et γ des dessins ab et $\alpha\beta$ paraissent situés au même point q ; il en est de même des points a et α qui paraissent en f et des points c et γ qui paraissent en φ ; les deux images ab et $\alpha\beta$ se superposent donc pour donner une image résultante $f\varphi$, ce qui procure la sensation de relief.



— Stéréoscope de
rewster.

On peut, du reste, faire coïncider les images stéréoscopiques sans se servir d'aucun instrument ; il suffit, pour cela, de disposer les lignes visuelles en parallélisme, c'est-à-dire de fixer le point c avec l'œil r et le
ec l'œil ρ ; on voit alors trois images, dont les deux extrêmes
chacune par un seul œil, tandis que l'image intermédiaire, vue
nent par les deux yeux, donne la sensation du relief ; pour
nes peu exercées à ce mode d'expérimentation, l'interposi-
écran médian, placé comme l'écran g du stéréoscope, facilite
en supprimant les deux images extrêmes. On peut encore y
louchant de façon à amener un certain degré de diplopie et
sant les deux images intermédiaires. Seulement, dans ce
placer à gauche l'image destinée à l'œil droit et récipro-
sans cela l'on obtiendrait un relief renversé.

araison des deux images rétiniennes, telle qu'elle se mani-
a perception de la troisième dimension, est, comme le fait


remarquer Helmholtz, d'une exactitude e
qu'elle accuse seraient imperceptibles sa
stéréoscope deux médailles frappées au
métaux différents, l'image résultante pa
d'être plane ; cela tient à ce que les mé
sion, à cause des différences de dilatati
balancier. Si, en typographie, on compo
quelque soin qu'on prenne, les deux ép
bles, et, examinées au stéréoscope, on
sur un plan différent des autres. Ce pr
éditions différentes d'un même texte e
banque faux.

On a imaginé plusieurs instruments
stéréoscope se trouve plus ou moins m
résultats très-curieux ; tels sont le *t*
exagère le relief des objets ; le ***pseudos***
objets, fait paraître concaves les cor
Javal, qui donne du relief aux images p
yeux, etc.

Le relief peut aussi se produire da
alors l'interprétation est plus sujette à
moule creux d'une médaille, éclairé
oblique des rayons lumineux, il arrive souvent qu'on croit voir un modèle en relief de la médaille ; en même temps la lumière paraît venir de la partie non éclairée de l'appartement, ce qui donne à l'image une apparence étrange ; quand on regarde binoculairement, l'illusion cesse le plus souvent. Si on regarde le dessin de la figure 226, soit avec un seul
œil, soit avec les deux yeux, on peut l
dont il est composé étaient creux, tant
angles saillants.

La combinaison des images stér
dans certaines conditions, ce qu'on
Si l'une des images est blanche e
donne des couleurs différentes, l'ima
brillant remarquable. Aussi, si on r
Wheatstone les projections de deu
arêtes noires (fig. 227, p. 859), l'a

n voit une pyramide à arêtes noires et blanches et à faces gri-



Fig. 227. — Projection de deux pyramides.

es, mais qui brillent comme si toute la pyramide était taillée lans le graphite.

5° *Mouvement des corps.*

Nous avons deux façons de juger du mouvement des corps lans le champ visuel; tantôt l'œil est immobile, tantôt l'œil se neut dans le champ du regard.

Quand l'œil est immobile, nous jugeons qu'un corps est en nouvement quand l'image de ce corps (soit une source lumi-ieuse) vient impressionner successivement des points différents le la rétine et qu'en même temps nous avons la conscience que es muscles de l'œil ne se sont pas contractés pour le déplacer. La coïncidence de ces deux phénomènes, excitation de points étiniens différents et absence de contraction des muscles ocu-aires, se lie si invinciblement en nous par l'habitude à l'idée du nouvement des objets extérieurs qu'elle entraîne avec elle beau-coup d'illusions qui s'expliquent ainsi facilement. Quand nous ournons rapidement la tête, les objets semblent se mouvoir en ens opposé; il en est de même quand nous sommes en chemin le fer ou en bateau à vapeur. Si nous fixons un objet, et qu'avec e doigt nous déplacions l'œil, l'objet paraît se déplacer en sens nverse. L'illusion contraire peut aussi se produire lorsque, onservant l'œil immobile, nous regardons pendant longtemps eau d'une rivière du haut d'un pont; cette succession rapide l'impressions sur la rétine nous fait croire que la rivière est im-nobile et que c'est nous qui sommes entraînés avec le pont dans ne direction opposée à celle du courant.

Quand l'œil se meut, nous jugeons qu'un objet extérieur est

en mouvement, par le sentiment des contractions musculaires que nous excitons pour déplacer l'œil de façon à suivre du regard l'objet qui se meut et dont l'image se fait alors sur le même point de la rétine. Il en est de même quand, au lieu de l'œil, c'est la tête qui se déplace ; mais, dans ce cas, la notion du mouvement, de sa vitesse, de sa direction, est beaucoup moins précise que quand les muscles de l'œil entrent en jeu.

II. — PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES GÉNÉRALES DU GLOBE OCULAIRE

1° *Circulation oculaire.*

La circulation oculaire présente des dispositions importantes au point de vue de la physiologie de l'œil. En premier lieu, tous les milieux transparents de l'œil, cornée, cristallin, corps vitré, sont dépourvus de vaisseaux; il en est de même de la couche granuleuse externe et de la couche de bâtonnets de la rétine; les vaisseaux manquent aussi d'une façon absolue dans la fosse centrale. Ces organes écartés, l'appareil vasculaire de l'œil se divise en deux systèmes presque indépendants, le système rétinien et le système choroïdien, qui n'ont de communication qu'au niveau de l'entrée du nerf optique.

Dans le système rétinien, les capillaires sont très-fins, à mailles larges; dans le système choroïdien, au contraire, les capillaires sont volumineux, très-abondants, et ce riche réseau vasculaire sert non-seulement à la nutrition du globe oculaire, mais contribue encore à maintenir sa température; il agit comme appareil de caléfaction. Ce dernier système fournit non-seulement la choroïde, les procès ciliaires, l'iris, mais encore la sclérotique, le bord de la cornée et la partie avoisinante de la conjonctive, et presque tout le sang veineux de ce système reflue par les quatre *vasa vorticosa*, de façon que les modifications de calibre de ces quatre vaisseaux (placés sous une influence nerveuse commune) agissent immédiatement sur l'ensemble du système, sans que les variations de cette circulation choroïdienne qui se présentent très-fréquemment (dans l'effort, par exemple) puissent influencer la circulation rétinienne. (Rouget, Leber.)

Les variations de calibre des vaisseaux rétiniens et choroïdiens peuvent s'observer à l'ophthalmoscope et même se mesurer au micromètre

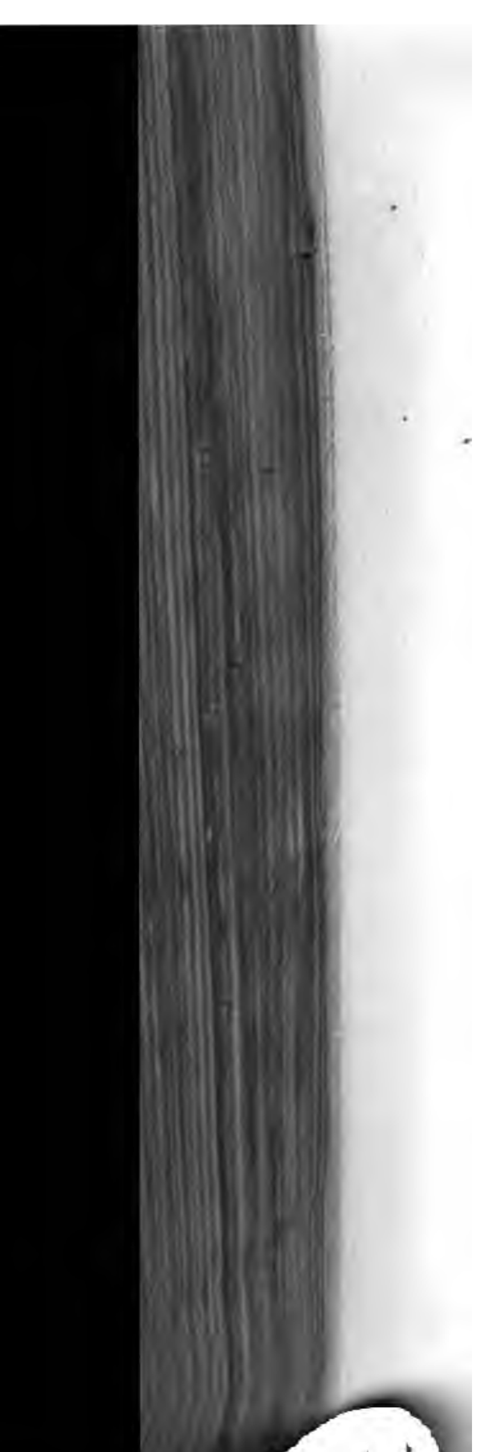
:hneller), et on peut ainsi étudier les effets de divers agents sur s vaisseaux ; c'est ainsi que l'atropine dilate les veines choroïdiennes. La *circulation lymphatique* est moins connue. D'après Schwalbe, il isterait, entre la sclérotique et la choroïde, un espace lymphatique i communiquerait au niveau des quatre *vasa vorticosa* avec un uvel espace lymphatique situé entre la sclérotique et la capsule de non, et d'où la lymphe s'écoulerait dans les espaces sous-arachnoï-ens en suivant la gaîne du nerf optique. D'après le même auteur, la ambre antérieure de l'œil représenterait un espace lymphatique et umeur aqueuse proviendrait du canal de Petit, du corps ciliaire et l'iris; seulement ce liquide, au lieu d'être repris par les lymphati-es, passerait dans les veines choroïdiennes par le canal de Schlemm, position qui préviendrait la résorption trop rapide de l'humeur ueuse, la différence de pression n'étant pas très-considérable entre tte humeur et le sang des veines choroïdiennes.

2° *Pression intra-oculaire.*

La pression intra-oculaire paraît être sous la dépendance im-édiate de la circulation ; quand la tension augmente dans le stème artériel de l'œil, la transsudation du sérum sanguin aug-ente et la chambre antérieure et les espaces lymphatiques re-ivent plus de liquide, d'où distension du globe oculaire; cette sion intra-oculaire a été mesurée au manomètre et a été trou-e de 22 à 27 millimètres chez le chat, de 15 à 18 chez le chien. e subit des variations isochrones au pouls et aux mouvements piratoires. Elle diminue par la compression de la carotide du me côté, par l'action de l'atropine, de la quinine, de la digi-ine, etc.; elle augmente par la contraction des muscles de il, par l'action de la calabarine, de la strychnine, etc.

L'influence de l'innervation est controversée. L'extirpation du glion cervical supérieur chez le chat, l'augmente; elle baisse, contraire, par l'excitation du grand sympathique au cou (Hip-Grünhagen). Les opinions diffèrent aussi sur les rapports qui stent entre la pression oculaire et l'état de la pupille; habi-lement le rétrécissement pupillaire s'accompagne d'une aug-ntation de pression, la dilatation pupillaire d'une diminution tension oculaire.

In a inventé plusieurs instruments, *ophthalmotonomètres*, écier la tension oculaire. (Dor, Monnik, Donders,



I. — APPAREILS DE PROTECT

1° *Sourcils e*

Les *sourcils* protégent l'œil cc
front et contre les rayons luminei
compter leur rôle comme organe:
Les *paupières* servent à protég
rieures (lumière trop vive, corps
soit pendant le sommeil.
L'*occlusion des paupières* est t
tique et involontaire, comme da
comme dans le clignement. Le
une lumière trop vive, par le co
cornée ou la conjonctive, par un
ces membranes; il facilite le trar
l'angle interne de l'œil, en même
la surface de cet organe. Il est pı
lière, *besoin de cligner*, et s'exéc
part des réflexes ordinaires.
L'occlusion des paupières est
facial) et est toujours plus rapide
L'*ouverture des paupières* est
releveur de la paupière supérie
mun). On trouve, en outre, dans
lisses, innervés par le sympathiq
ture de la fente palpébrale.
Les *cils* retiennent au passage
arriver sur le globe oculaire.

2° *Apparei*

Les larmes sont étalées sur le
ments des paupières, dont elles f
servent le poli de l'œil et sa tran
tion de la cornée par l'évaporati
contre le contact de l'air extériei
Les larmes, ainsi étalées sur

[redacted]

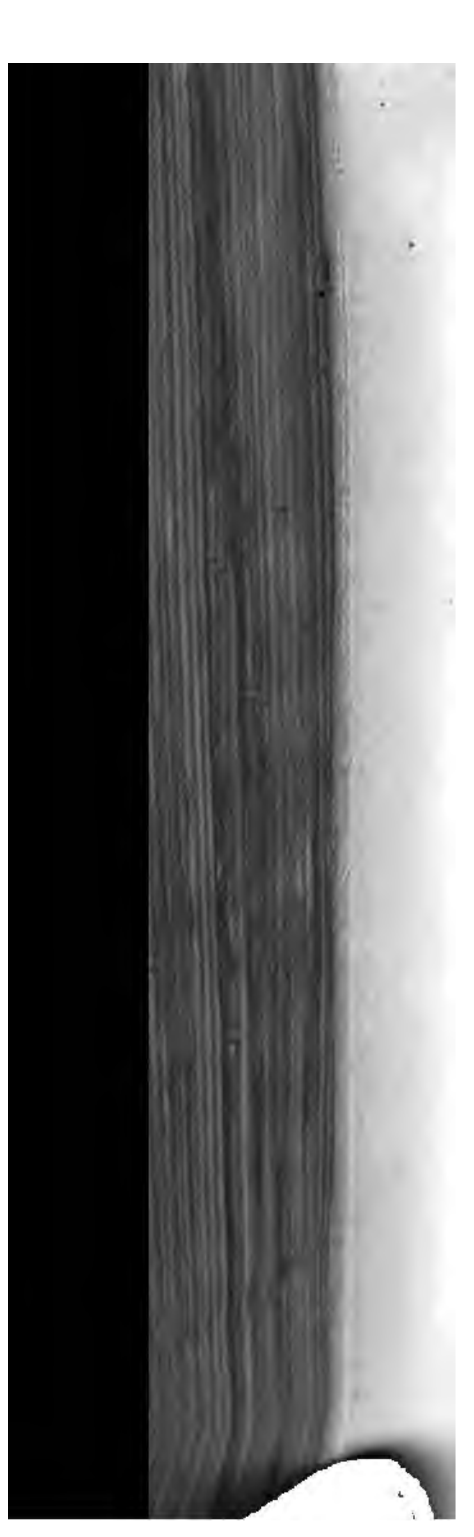
ice conjonctivo-palpébral pendant le clignement, et y sont ıues par la sécrétion des glandes de Meibomius qui lubréfie le libre de la paupière et les empêche de déborder sur la joue, ›ins que la sécrétion n'en soit trop abondante; elles gagnent ı, par capillarité, le lac lacrymal, et de là passent dans les s lacrymales et dans le canal nasal par un mécanisme sur el il existe encore des dissidences entre les physiologistes.

écanisme du passage des larmes dans les voies lacrymales. — ıécanisme est très-controversé, et les expériences nombreuses s sur ce point de physiologie n'ont pas encore fourni une solution itive.

premier fait, c'est que, à l'état normal, la disposition anatomique voies lacrymales facilite la marche du liquide des points lacrymaux l'extrémité inférieure du canal nasal, tandis que le reflux de l'air s liquides, en sens inverse, éprouve des obstacles. Ce résultat est n partie aux valvules qui se trouvent dans ces conduits, et peut-aussi, pour le canal nasal, à la présence de tissu caverneux qui itiendrait accolées les parois de ce canal. (Henle.)

i autre fait, c'est que le muscle orbiculaire des paupières et le mus-le Horner ont une action sur la pénétration des larmes dans les s lacrymales. Toutes les fois que ces muscles sont paralysés (para-s du facial), la pénétration est incomplète ou n'a pas lieu, et les es s'écoulent sur les joues (*epiphora*). Mais, si le fait est admis tout le monde, il n'en est pas de même de son interprétation; les admettent que le sac est dilaté pendant l'occlusion des paupières, ıntres qu'il est comprimé, et malheureusement les expériences des manomètres introduits dans les fistules du sac lacrymal ans les conduits lacrymaux, n'ont donné que des résultats contra-ires. Les mêmes incertitudes existent sur l'action de ces muscles es conduits lacrymaux; cependant ils paraissent être comprimés l'occlusion des paupières en même temps que le muscle de Horner c les points lacrymaux en dedans, vers le sac lacrymal. Ce qui est in, c'est que le clignement, de quelque façon qu'il agisse, accé-le passage des larmes dans les voies lacrymales; si on dépose dans le interne de l'œil un liquide coloré ou du ferrocyanure de potas-, le liquide met beaucoup plus de temps à passer dans les fosses es, quand on maintient les paupières ouvertes, que quand on per-e clignement.

s incertitudes expliquent les théories nombreuses émises sur ce . J. L. Petit comparait les voies lacrymales à un syphon dont la ıhe verticale unique était constituée par le canal nasal, la branche ıntale double par les conduits lacrymaux. La capillarité, admise uelques auteurs, ne pourrait être invoquée au plus que pour les



conduits lacrymaux, mais pas pou
théorie de Sédillot, reprise par Rich
en raréfiant l'air des fosses nasales
et du sac lacrymal, fait pénétrer les
et, de là, dans le sac. Pour quelque
à la dilatation du sac par la contra
au contraire, dans l'occlusion des
sées de tous les côtés et arriveraie
conduits lacrymaux ouverts et, de
reste des voies lacrymales. Foltz (
puyant sur des expériences sur le
clusion palpébrale produit la *systo*
qui, au moment de l'ouverture des
leur élasticité ; pendant la diastole
la systole, elles sont refoulées da
donc dans le sac par un mécanism
puis, une fois dans le sac, elles a
l'influence combinée de la *vis à ter*
respiratoire.

Bibliographie de la vision. **Bi**
HOLTZ : *Optique physiologique;* tradui
A. W. VOLKMANN : *Physiologische Unte*
H. KAISER : *Compendium der physiolo*
d'oculistique et d'ophthalmologie.
Bibliographie spéciale. — J. B. Li
Handwörterbuch der Physiol., 1851. —
et par réfraction, 1866. — TH. YOUNG :
DONDERS : *l'Astigmatisme et les Verres*
Anomalies de la réfraction; traduit pa
tomie, 1865. — PURKINJE : *Beiträge z*
(d'Uzès) : *Essai sur les phosphènes*, 18
(Archives de physiologie, 1861.) — Au
— M. SCHULTZE : *Sur la tache jaune*,
mie, 1866.) — M. DUVAL : *Structure*
Note sur quelques expériences de contra
de l'Académie des sciences, 1858), et
arts industriels. Paris, 1861. — E. Brü
BERGER, 1866. — MONOYER : *Nouvelle*
des sciences naturelles de Strasbourg,
la vision binoculaire, 1861. — E. Héri
RIST : *Observations sur la physiologie*
des voies lacrymales. (Journal de la ph
mentaire de physique médicale; traduit

3° OLF

1° *Des corp*

Il est difficile, dans l'état act
qu'on doit entendre par *corps o*

ıt à quel caractère de ces corps correspond la sensation *leur*. Tout ce que nous savons, c'est que ces corps doivent : *volatils* et que des particules infiniment petites suffisent r déterminer une excitation des nerfs olfactifs ; ainsi, de l'air tenant un millionième d'acide sulfhydrique est encore per- tible à l'odorat, et des fragments de musc ou d'ambre con- rent leur odeur pendant des années sans perdre sensiblement leur poids.

es caractères des corps odorants ont été étudiés par Venturi, B. Pré- : et Liégeois. Si on dépose à la surface de l'eau du camphre, de l'a- : succinique, etc., ces corps se meuvent sur l'eau avec une rapidité ·ême ; de même toute substance odorante, concrète ou fluide, mise une glace mouillée, fait écarter sur-le-champ l'eau qu'elle touche, sorte qu'il se forme tout autour du corps un espace de quelques ces. On pourrait, d'après ces caractères, distinguer les corps odo- ts de ceux qui ne le sont pas (*odoroscopie* de Prévost). A ces carac- es Liégeois en ajoute deux autres : en premier lieu, quand les corps rants sont en poudre, si on les projette à la surface de l'eau, ils talent avec une rapidité extrême, chaque particule s'éloignant l'une l'autre (poudre de cumin, de benjoin, etc.) ; en outre, les mouvements camphre et de l'acide succinique s'arrêtent quand un corps odorant iche l'eau sur laquelle ces corps se meuvent. Si on verse sur de au un peu d'huile essentielle ou d'huile fixe, cette huile s'étale sur ate la surface de l'eau et forme une pellicule mince constituée par s granulations huileuses d'une finesse extrême, $0^m,001$ à $0^m,004$, gra- ılations qui sont entraînées avec la vapeur d'eau qui s'échappe des uches superficielles. Cette division extrême des substances huileuses i contact de l'eau facilite leur dissémination dans l'atmosphère et, par ite, leur transport jusqu'au nerf olfactif ; aussi certaines substances ri, comme les huiles fixes, n'ont pas d'odeur à l'état pur, deviennent- les odorantes au contact de l'eau (Liégeois), et on sait depuis long- mps que les odeurs des fleurs sont bien plus sensibles le matin à la sée ou quand l'atmosphère est chargée de vapeur d'eau, comme après pluie. Ces considérations ne peuvent s'appliquer aux odeurs miné- les. (Voir Liégeois : *Sur les Mouvements de certains corps organiques la surface de l'eau*, Archives de physiologie, 1868.)

2° *Transport des particules odorantes jusqu'à la muqueuse olfactive.*

Les particules odorantes sont transportées mécaniquement par ir jusqu'à la muqueuse olfactive ; l'air est le véhicule obligé

des odeurs : on n'odore pas dans l'eau ; si on remplit les fosses nasales d'eau chargée d'eau de Cologne, on n'a aucune sensation olfactive. Mais l'air seul ne suffit pas, il faut que cet air soit en mouvement et que le courant d'air ait une certaine direction. Si on retient sa respiration dans un air odorant, on ne sent rien ; quand la respiration est calme, la sensation olfactive est très-faible ; pour qu'elle acquière tout son développement, il faut que le courant d'air inspiré ait une certaine force et vienne se briser contre le bord antérieur du cornet inférieur qui le renvoie vers la muqueuse olfactive. La direction du courant d'air n'a pas moins d'influence ; l'air expiré qui arrive d'arrière en avant par l'orifice postérieur des fosses nasales, ne détermine pas de sensation olfactive ou ne détermine qu'une sensation à peine appréciable ; il en est de même quand on projette directement le courant d'air odorant sur la muqueuse, soit à l'aide d'un tube, soit après certaines opérations chirurgicales.

3° *De l'excitation des nerfs olfactifs.*

Les nerfs olfactifs sont les nerfs de l'odorat. Il ne peut y avoir aujourd'hui sur ce sujet le moindre doute, malgré les faits contraires cités par Magendie. Si, après la destruction des nerfs olfactifs, les animaux sont encore sensibles à l'ammoniaque, à l'acide acétique, c'est que ces substances agissent sur la sensibilité tactile de la pituitaire. Pour que l'olfaction se produise, il faut que la muqueuse se trouve dans certaines conditions; quand elle est trop sèche ou trop humide, la sensation est abolie : c'est ce qui arrive dans le coryza, par exemple.

Le mécanisme de l'excitation du nerf olfactif par les corps odorants est encore très-obscur. Cependant il y a là probablement une action mécanique, un ébranlement d'une nature particulière, et cette probabilité ressort de la structure même des organes et des conditions physiques des corps odorants. D'après les recherches de Schultze, les cellules nerveuses olfactives se termineraient, au moins chez beaucoup d'animaux, par des prolongements en forme de cils qui dépassent la surface de l'épithélium; on trouve donc là les conditions favorables à un ébranlement mécanique. D'autre part, on a vu plus haut que les particules odorantes sont constituées par des granulations d'une finesse extrême qui doivent arriver sur les extrémités nerveuses dans une direction déterminée.

[redacted]

4° *Des sensations olfactives.*

L'intensité des sensations olfactives dépend, d'une part, de la quantité des particules odorantes, de l'autre, du nombre d'éléments nerveux impressionnés, ou, ce qui revient au même, de l'étendue de la région olfactive. Cette sensation est, en général, très-fugace et, pour qu'elle se maintienne, il faut que de nouvelles particules odorantes soient continuellement apportées aux extrémités nerveuses.

La finesse de l'odorat présente des différences individuelles considérables et peut, du reste, être accrue d'une façon remarquable par l'exercice. Chez certains animaux, le chien, par exemple, ce sens est excessivement développé et a autant d'importance que la vue.

Quand on fait arriver à chaque narine une odeur différente, il n'y a pas mélange des deux sensations ; elles se succèdent alternativement, mais il n'y en a toujours qu'une seule à la fois.

Dans l'ignorance où nous sommes de la nature des odeurs, nous ne pouvons les classer que d'après le caractère même de la sensation olfactive, sans pouvoir rattacher ce caractère à une condition physique, comme on le fait, par exemple, pour le son, pour la hauteur ou le timbre. A ce point de vue, la meilleure classification est peut-être encore celle de Linné qui classe les odeurs en : aromatiques (laurier), fragrantes (lis), ambrosiaques (ambre), alliacées (ail), fétides (valériane), vireuses (solanées), nauséeuses (courge).

Les sensations olfactives consécutives ont été peu étudiées et sont mises en doute par beaucoup de physiologistes ; elles seraient dues à des particules odorantes restées dans les sinus et reprises par le courant d'air. Elles paraissent plus fréquentes pour les odeurs désagréables (odeur cadavéreuse).

Des sensations subjectives existent souvent chez les aliénés.

La distinction des sensations d'odeur et des sensations tactiles de la pituitaire (ammoniaque, acide acétique) est souvent difficile à faire, et dans le langage usuel on les confond sous la dénomination générale d'odeurs; cependant ce sont là de véritables sensations tactiles analogues à celles que ces substances déter-



pureté, mais leurs qualités nuisibles ou favorabl
tion. C'est ainsi que l'animal choisit certains alin
jette d'autres, sans autre guide que l'odorat. La
que nous inspirons nous est connue par le même
dorat nous révèle dans l'air atmosphérique des
les réactifs sont impuissants à déceler. Enfin, le ser
a des rapports intimes avec les phénomènes d'inr
particulier avec l'innervation génitale ; l'odorat
animaux surtout, l'excitateur principal des désirs

4° GUSTATION.

Les *saveurs* peuvent être divisées en quatre c
sucrées, acides, amères; quelques physiologist
même que deux classes : les saveurs sucrées et le
res; quand l'olfaction et la sensibilité tactile sont
ne reste que ces deux-là. La nature des corps sapi
rien expliquer la sensation qu'ils produisent par le
sur les nerfs du goût, et on trouve dans la même c
dont les propriétés chimiques sont très-différentes;
sucrée appartient au sucre, aux sels de plomb, au

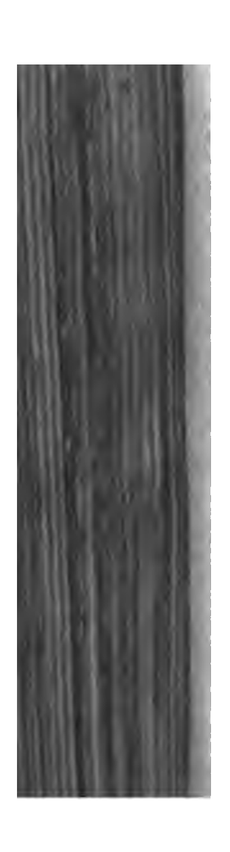
La sensibilité gustative a pour siége la base, l
bords de la langue, et la partie moyenne de sa fa
face inférieure en est tout à fait dépourvue. Elle e

La sensibilité gustative de la langue est due aux papilles caliciformes et aux papilles fungiformes; si on touche la langue avec une substance sapide *entre* deux papilles, en prenant bien soin que la substance n'arrive pas aux papilles elles-mêmes, il n'y a aucune sensation. Plus il y a de papilles en contact avec le corps sapide, plus la sensation acquiert de netteté et de précision. Les papilles filiformes ne jouent aucun rôle dans la gustation.

Nous ignorons à quel état et dans quelles conditions doivent se trouver les substances sapides pour pouvoir exciter les nerfs du goût. Il est probable que ces substances sont dissoutes dans le liquide buccal et pénètrent ensuite par imbibition dans les papilles pour atteindre les extrémités nerveuses. En tout cas, les solides et les gaz peuvent, aussi bien que les liquides, éveiller les sensations gustatives. Cette sensation ne se produit pas immédiatement après l'application du corps sapide sur la langue; il faut un certain temps, variable suivant la substance, pour que celle-ci arrive jusqu'aux nerfs, et ce temps dépend probablement du plus ou moins de rapidité de la dissolution de la substance et de l'imbibition des papilles; aussi les mouvements de la langue, la pression contre la voûte palatine abrégent-ils ce stade préparatoire en même temps qu'ils augmentent la sensibilité gustative en multipliant le nombre des papilles impressionnées. Les saveurs salées se perçoivent presque de suite après l'application du corps sapide; les saveurs amères sont plus lentes à se déclarer.

Les substances injectées dans le sang peuvent agir aussi sur les nerfs gustatifs. Si on injecte dans les veines d'un chien de la coloquinte, il fait les mêmes mouvements de mâchonnement et de dégoût que quand on applique directement la coloquinte sur la langue; on a la sensation d'une saveur amère dans l'ictère.

La finesse de la sensibilité gustative n'est pas la même pour les différentes saveurs, mais les chiffres donnés par les physiologistes varient beaucoup suivant la sensibilité individuelle. Ce sont les substances amères qui supportent la plus grande dilution; une dilution de sulfate de quinine au 100,000^e^ donnerait encore, d'après Camerer, 32 fois sur 100 une sensation d'amertume. Les substances salées et sucrées sont très-inférieures sous ce rapport; leur saveur disparaît pour des dilutions beaucoup plus concentrées. La température la plus favorable à l'exercice de la sensibilité gustative se trouve entre 10° et 35°.



sation d'amer; le lingual innerve la partie antérieur
est principalement affecté par les corps sucrés ; aprè
péré perd la faculté de percevoir les saveurs sucrées (
origines des fibres gustatives du lingual, voir : *Nerfs c*

Les centres nerveux du goût paraissent résider dan
la protubérance : c'est là, du moins, que se trouven
président aux mouvements réflexes de la langue, d
joues, et à la sécrétion salivaire ; après la section de l
au-dessus de la protubérance, ces mouvements se p
par l'excitation du nerf lingual. Les centres de percep
dans les parties supérieures de l'encéphale.

5° TOUCHER.

Le sens du toucher, qui a pour organes la p
muqueuses, comprend deux ordres de sensation
sensations tactiles et les sensations de températu

a. — Sensations tactiles

A. — DES EXCITANTS DES SENSATIONS TACT

Les sensations tactiles sont déterminées par de
niques, contact, pression, traction, et par l'ex

[redacted]

1° *Solides.* — Les corps *solides*, dont l'action peut toujours se mesurer par des poids, agissent sur la peau (ou les muqueuses) de deux façons : par pression ou par traction.

La *pression* peut varier depuis zéro jusqu'à un maximum qui n'a pour limite que la désorganisation même des tissus. De zéro à une certaine pression *minimum*, qui dépend de la sensibilité de la région, la sensation est nulle, et à cette pression minimum correspond la sensation de *contact* simple ; bientôt et très-rapidement, la sensation change de caractère et on a la sensation de *pression*; puis, la pression augmentant toujours, la sensation de pression fait place à une sensation nouvelle, celle de *douleur*, qui elle-même disparaît quand la pression, arrivée à son maximum, désorganise les extrémités nerveuses. Il y a donc une sorte d'échelle graduée des impressions tactiles correspondant aux différences d'intensité de l'excitation mécanique.

La pression peut varier non-seulement en intensité, mais en *étendue*; et quelque circonscrite qu'elle soit, elle couvre toujours une surface correspondante à plus d'une périphérie nerveuse. Cette pression peut être *uniforme*, c'est-à-dire répartie également sur les différents points de la surface touchée, ou *irrégulière* ; dans ce dernier cas, qui est le plus ordinaire, les sensations tactiles sont plus précisés et plus nettes. Un corps rugueux, qui ne touche la peau que par quelques points en laissant des intervalles non impressionnés, donne une sensation plus accusée qu'un corps lisse qui touche la peau par un grand nombre de points. Si l'on imprime le doigt dans un morceau de paraffine encore molle et qu'on la laisse se solidifier sur le doigt, les sensations tactiles disparaissent, sauf à l'endroit où la paraffine cesse d'entourer le doigt ; dans ce cas, en effet, la paraffine se moule sur les divers accidents de surface de la peau et presse également sur tous les points ; *l'inégalité de pression paraît être une des conditions de la sensation tactile* ; de là l'utilité pour la finesse de la sensation des crêtes papillaires qu'on trouve sur les parties de la peau les plus aptes au toucher, comme la face palmaire des doigts et de la main.

Quand les pressions sont très-légères (frôlement) et se succèdent rapidement, périodiquement ou non, en excitant une grande quantité de fibres nerveuses, les sensations tactiles prennent un caractère particulier : c'est le *chatouillement*.

La *traction* (sur les cheveux, les poils) détermine beaucoup



plus rapidement la sensation de d
bien moins étendue que pour les

2° *Liquides.* — Les liquides (s
peau) pressent uniformément sur
cutanée, à l'exception des poin
en contact avec la surface du l
plongé dans un liquide, dans du
plongée dans le liquide subit une
ment de bas en haut; la partie du
mise aussi à une pression unifor
de la surface du liquide qu'il y a
le derme, suivant une ligne circu
d'affleurement du mercure; aus
absente, sauf en cet endroit, c
sion d'un anneau fixe. L'expérie
mercure qu'avec l'eau à cause d
y a entre l'air et le mercure;
vive quand on enfonce et qu'on
du liquide.

3° *Gaz.* — Un courant d'air q
peau détermine une sensation tac
coup moins marquée quand le co
lairement la surface cutanée.

Le mode de transmission des excit
sensitifs est encore très-obscur. On
queuses trois espèces de terminais
se rattacher les sensations tactiles :
plexus nerveux de fibres sans moe
jusque dans la couche de Malpighi
Les deux premiers sont situés sous
tissu cellulaire sous-cutané.

La première couche rencontrée
couche cornée de l'épiderme; cette
paisseur, transmet aux périphéries n
et paraît en même temps en atténu
cornée disparaît (vésicatoires), la ser
douleur, et la sensation perd en mê
sous de cette couche cornée, l'ébr
couche de Malpighi, moins dure, mo
et comparable peut-être à une minc
couche cornée et les extrémités n

odifications l'ébranlement mécanique se transmet-il dans cette lame our arriver aux nerfs? C'est ce qu'il est impossible de préciser.

En tout cas, si une pression très-faible suffit pour que les corpuscules u tact et le plexus nerveux soient excités (ainsi dans le chatouille-ent), il n'en est plus de même pour les corpuscules de Pacini, situés us profondément; il faut pour cela une pression plus marquée qui uisse se faire sentir à travers l'épaisseur de la peau.

Le mode même d'excitation des terminaisons nerveuses est aussi peu nnu. Les actions mécaniques déterminent-elles simplement une ession, pression qui se transmet aux corpuscules du tact ou de Pa-ni, ou bien produisent-elles des oscillations qui agiraient sur les ex-émités nerveuses comme les vibrations de l'air sur les nerfs auditifs, u bien les deux modes peuvent-ils se présenter suivant les cas? rause a cherché à trouver dans la structure des corpuscules des con-tions anatomiques qui augmenteraient la pression dans les parties ntrales; Meissner, de son côté, voit dans l'arrangement des fibres erveuses dans les corpuscules du tact une disposition qui favoriserait ection des oscillations, et a cherché ainsi à expliquer mécaniquement ertains phénomènes de la sensation tactile; mais ces hypothèses, n'é-ant susceptibles jusqu'ici d'aucune vérification, doivent être laissées e côté jusqu'à nouvel ordre.

B. — DES SENSATIONS TACTILES.

1. — DIFFÉRENTS MODES DE SENSATIONS TACTILES.

Les sensations tactiles peuvent être rapportées à l'état normal à deux espèces: aux sensations de pression et aux sensations de traction.

1° *Sensations de pression.*

Les sensations de contact et de pression ne diffèrent pas de nature et ce sont, en réalité, deux degrés de la même sensation. Elles paraissent cependant avoir leur point de départ dans des éléments anatomiques différents. La sensation de contact est abolie dans les cicatrices après la destruction de la couche pa-pillaire du derme et semble résider dans les corpuscules du tact; la sensation de pression persiste au contraire et dépendrait des corpuscules de Pacini situés dans le tissu cellulaire sous-cutané.



Sensation de contact.— La s
d'intensité, de nature et d'étendue
Les variations d'*intensité* sont t
contact se transforme presque im
pression dès que l'intensité de la
peu; c'est surtout sensible pour
derniers, on pourrait dire que la
invariable comme degré; en deçà
au delà, c'est la sensation de pres
La sensation de contact diffère
la sensation est différente suivant
posant à la température du doig
gras, un liquide, ou reçoit un jet
de comparable au timbre des son
muqueuses que cette différence de
l'astringence déterminée par une
régions de la peau se touchent, la
si on applique le doigt sur le fro
contraire le doigt frotte rapidemen
le doigt.
L'*étendue* de la région impress
la sensation. Il est difficile de pré
nécessaire pour déterminer une se
variant suivant les régions. Le tab
et Kammler, donne ce minimum
sont exprimés en milligrammes et
mètres carrés de surface cutanée

Front, tempes, nez, joues. .
Paume de la main. . . . .
Paupières, lèvres, ventre; pa
Face palmaire de l'index. .

Au lieu de poids placés directe
ployer une balance dont un plate
d'une pointe qui appuie sur la
d'une onde liquide (tube de caout
met à des pressions rhythmiques,
En général, la finesse de la sens
lièrement des doigts au coude; e
palmaire qu'à la face dorsale, au
à gauche qu'à droite.

sations de pression. — La sensation de pression succède
rs à une sensation de contact, mais elle présente toujours
chelle d'intensité bien plus étendue que cette dernière, et
une foule de degrés intermédiaires jusqu'au moment où
transforme en douleur.
contre, la nature de la sensation de pression offre bien
de variété et les caractères de poli, de rugueux, de gras,
disparaissent pour le toucher dans une sensation une et



Fig. 228. — Aiguille æsthésiométrique de l'auteur.

ue pour tous les corps, bois, métal, etc., pourvu que la
n qu'ils déterminent soit suffisante. L'étendue de la région

pressée diminue l'intensité de la sensation et en é
netteté.

Le minimum de pression nécessaire pour détermin
sation de pression varie suivant les régions ; il en est
du maximum de pression au delà duquel la sensation
à la douleur.

Pour étudier ces sensations de pression (et de douleur à
degrés, je fais usage d'un appareil, *aiguille æsthésiomét*
permet de graduer, dans les limites les plus étendues, l
sur une région déterminée de la peau. L'appareil, dont la
rend toute description détaillée superflue, se compose esse
d'une aiguille munie d'un plateau qu'on peut charger de po
peut s'abaisser ou s'élever à volonté en glissant, sans frotte
un tube vertical. L'aiguille et son plateau peuvent, suivant le
se propose, être construits en bois, en liége, en métal, et
conséquent, il est facile de leur donner le poids voulu pour
riences, suivant les régions sur lesquelles on opère [1].

2° *Sensations de traction.*

Les sensations de traction passent par des phases ana
celles que parcourent les sensations de pression : conta
tion, douleur. La sensation de contact n'a qu'une très-fai
et se transforme très-vite en sensation de traction qui, ell
devient très-rapidement douloureuse.

En suspendant des poids aux cheveux ou aux poils, il
de mesurer, dans les diverses régions, les *minima* né
pour déterminer ces diverses sensations de simple con
traction et de douleur, et on voit de suite que ces mini
cendent bien au-dessous de ceux qui sont nécessaires q
poids agissent par pression.

3° *Sensations tactiles des muqueuses.*

Les sensations tactiles des muqueuses sont de même
que celles de la peau ; mais, tandis que la peau présente

---

[1] L'aiguille peut servir aussi à apprécier le degré de cohésion d
et des organes.

[redacted]

ictile sur toute son étendue, il n'en est plus de même ıeuses. Beaucoup d'entre elles, comme la trachée, la vesen sont dépourvues ; d'autres, au contraire, sont douées ısibilité exquise, supérieure même à celle de la peau ; :elle de la pointe de la langue. La sensibilité tactile de ı de muqueuses a quelque chose de spécial qui les diffés sensations cutanées ; ainsi, dans la cornée, la conjoncnuqueuses du gland, du clitoris, etc.

2. — SENSATIONS TACTILES COMPOSÉES.

ıpressions tactiles peuvent être simultanées ou suc-

1° *Sensations tactiles simultanées.*

ısations simultanées peuvent être doubles ou multiples. ısations *doubles*, que ce soient des sensations de conıression ou de traction, ne se montrent que lorsque les ıs de la surface cutanée se font à une certaine distance .'autre. Si elles sont trop rapprochées, la sensation reste ıoique l'excitation se fasse en deux endroits ; ainsi, si l, par exemple, un *æsthésiomètre* (*fig*. 229) ou un compas

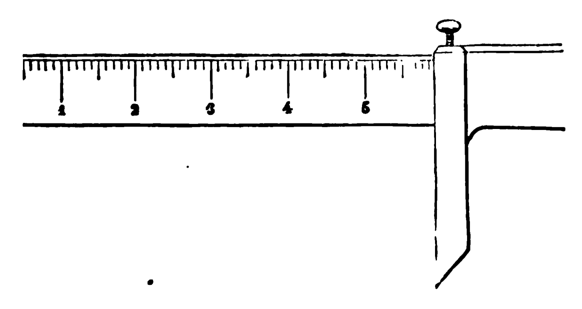


Fig. 229. — Æsthésiomètre.

ıranches soient écartées (H. Weber), et qu'on applique pointes sur la peau, on aura la sensation des deux mais si on les rapproche successivement, il viendra un

moment où, malgré l'écartement des deux pointes, on n tira plus qu'une ; il y a donc une distance des deux po un *minimum d'écart* en deçà duquel les deux pointes nent qu'une seule sensation. Ce minimum d'écart vari les différentes régions de la peau, comme le montre le suivant, de H. Weber :

	Millimètres.	
Pointe de la langue	1,1	Face plantaire du métatars… pouce
Face palmaire de la troisième phalange des doigts	2,2	Face dorsale de la premièr… lange des doigts
Bord rouge des lèvres	4,5	Face dorsale de la tête du … carpe
Face palmaire de la deuxième phalange	4,5	Face interne des lèvres
Face dorsale de la troisième phalange	6,7	Partie postérieure de l'os mal…
Bout du nez	6,7	Partie inférieure du front
Face palmaire de la tête des métacarpiens	6,7	Partie postérieure du talon
Ligne médiane du dos et des bords de la langue à 2 millimètres de la pointe	9,0	Partie inférieure de l'occipit…
Bord cutané des lèvres	9,0	Dos de la main
Métacarpe du pouce	9,0	Cou, sous le menton
Face plantaire de la deuxième phalange du gros orteil	11,2	Vertex
Dos de la deuxième phalange des doigts	11,2	Genou
Joue	11,2	Sacrum
Paupières	11,2	Fesses
Voûte palatine	13,5	Avant-bras
Partie antérieure de l'os malaire	15,7	Jambe
		Dos du pied
		Sternum
		Nuque
		Dos
		Cuisse et bras

Ce *minimum d'écart* peut servir, jusqu'à un certain p critérium pour apprécier la sensibilité cutanée d'une r d'un individu. On voit, par ce tableau, que la sensibilit augmente de la racine du membre à sa périphérie. V montré que cette sensibilité dépend de la grandeur de ments ; elle est, pour chaque segment d'un membre, pr nelle à la distance des points de la peau à l'axe de rot membre. Cette sensibilité croît très-vite aux doigts, m à la main, plus lentement encore à l'avant-bras et au br

Le minimum d'écart est plus faible dans le sens horiz dans le sens transversal ; il diminue par l'attention et l (aveugles), ou si on applique sur la peau un liquide in comme l'eau ou l'huile ; il est plus petit chez les en augmente, au contraire, quand la peau s'étend, comme grossesse.

ette sensibilité des diverses régions explique plusieurs phé-
iènes qui paraissent singuliers au premier abord. Si on
mène le compas, avec le même écart, de l'avant-bras à la
pe du doigt, ou de l'oreille aux lèvres, la sensation, d'abord
ple, se dédouble et les deux pointes paraissent s'écarter de
s en plus; c'est le contraire qui se produit si on promène
ompas en sens inverse. Un dé, un anneau, appliqués sur la
pe du doigt, paraissent plus grands que sur la paume de la
n.

'électrisation de la peau dans l'intervalle des deux pointes de
ipas, l'action de promener un pinceau d'une pointe à l'autre,
t disparaître la sensation double.

i, au lieu de prendre un compas ordinaire, on prend un com-
à 3, 4, 5 . . . . . branches ([1]), on peut encore percevoir 3, 4,
nsations distinctes; mais à mesure que le nombre des con-
s se multiplie, la sensation perd de sa netteté, et au delà de
ı 5 pointes on n'a plus qu'une sensation confuse et il est
ossible de préciser le chiffre des pointes en contact.

2° *Sensations tactiles successives.*

es sensations tactiles successives doivent, pour être perçues
ment, être séparées par des intervalles de temps convena-
; si elles se succèdent trop rapidement, elles donnent lieu à
sensation continue. Si on approche la main d'une roue den-
tournant avec une certaine rapidité, quand la main reçoit
chocs par seconde, les impressions se fusionnent et les dents
a roue ne sont plus distinctes.

ans certaines conditions, ces sensations tactiles successives
nent lieu à une sensation composée, d'une nature spéciale,
ı difficile à analyser qu'à décrire. Le prurit, la démangeai-
sont des sensations tactiles du même ordre, mais qui se pré-
ent plutôt sous forme de sensations internes.

Des aiguilles implantées en nombre plus ou moins grand dans un
eau de bouchon peuvent parfaitement remplacer le compas à plusieurs
ches.

3. — CARACTÈRES DES SENSATIONS TACTI

La *durée* des sensations tactiles ne correspond pas e: à la durée de l'application de l'excitant, elle la d semble que l'action mécanique du corps en contact une vibration qui survit un peu à l'excitation, comme tion d'une nappe d'eau survit à la chute de la pierre qu minée. C'est pour cela qu'une succession trop rapide tions ou de contacts, comme dans l'expérience de la rc citée ci-dessus, page 879, détermine une sensation co lieu d'une sensation intermittente ; dans ce cas, la sens *sécutive* à chaque choc d'une dent de la roue dure seconde.

Un caractère important des sensations tactiles, c'est *rité*. La sensation tactile est rapportée par nous à la li surface cutanée. Dans certains cas même, elle est ra l'extérieur ; ainsi, lorsque nous touchons le sol avec le b canne, nous sentons le sol ; si le bâton est mobile dans nous avons en même temps deux sensations : celle du la surface de la peau, celle du sol à l'extérieur. C'est d façon que, dans la mastication, nous sentons parfait parcelles alimentaires qui se trouvent entre les dents.

Cette tendance à rapporter les sensations tactiles à l du corps explique comment cette projection se produ quand les nerfs cutanés sont excités *dans leur trajet* leurs extrémités, comme dans l'état normal. Elle expli comment les sensations qu'éprouvent les amputés par l'excitation des nerfs sensitifs sont rapportées à la p nerveuse absente, et comment ils croient sentir les doi extrémités des membres qui leur ont été enlevés. De mê la rhinoplastie par transplantation d'un lambeau de la front, l'opéré rapporte au front, c'est-à-dire à la place q pait primitivement, toutes les sensations qui se produis le nez nouveau.

Un autre caractère essentiel des sensations tactiles, c *localisation*. Nous connaissons plus ou moins exactemen touché ou pressé, et nous le rapportons avec plus ou r précision à une région déterminée du corps. Il semble



ns la surface de notre corps comme une sorte de *champ* dans lequel nous nous orientons, comme l'œil s'oriente e champ visuel, et cette localisation, qui nous permet de de la position des corps par rapport à nous, de leur gran- de leur forme, est la résultante d'une série d'actes phy- iques et intellectuels compliqués sur lesquels on reviendra oin.

e localisation explique certaines illusions tactiles dont la plus est l'expérience d'Aristote (*fig.* 230). Si on croise l'index et le

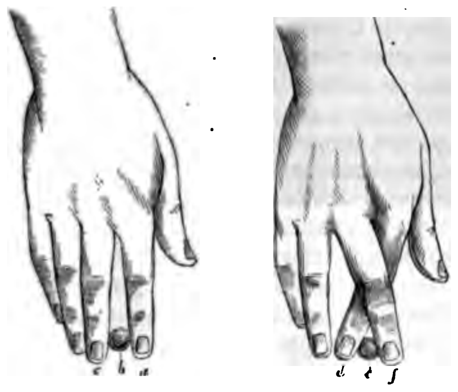


Fig. 230. — Expérience d'Aristote.

s et qu'on roule entre les deux une petite boule, on a la sensa- e deux boules ; c'est qu'en effet, dans la position normale des , l'expérience nous a appris à fusionner, dans la notion d'un seul les sensations localisées dans les parties correspondantes de doigts voisins, et à dédoubler, au contraire, à rapporter à deux distincts les sensations localisées dans des parties non corres- ntes ; et cette tendance au dédoublement est si forte, que ce blement se produit malgré la conviction que nous avons de tenir les mains un seul objet.

r apprécier la finesse de localisation de la peau, on emploie le dé suivant : Le sujet en expérience a les yeux fermés ; la peau est ée avec une pointe noircie qui laisse une marque sur la peau, et et indique avec une pointe l'endroit touché ; la distance entre les points indique l'écart de la sensibilité. Cette localisation s'apprécie en traçant ou en plaçant sur la peau des figures diverses (lettres, s géométriques) que le sujet doit reconnaître.

4. — INFLUENCES QUI FONT VARIER LA SENSIB TACTILE.

La sensibilité tactile de la peau varie, comme on l'a haut, suivant les différentes régions. Les causes qui infl cette sensibilité sont de deux ordres : les unes dépende peau elle-même, les autres de l'état des corps avec lesq est en contact. L'épaisseur et la dureté de l'épiderme di cette sensibilité, mais sa présence est indispensable. L mie et l'anémie de la peau, son refroidissement (*anesthé lisée*), produisent le même résultat. La présence du duv poils accroît la sensibilité à la pression ; il faut un po lourd pour produire la sensation de contact sur les parti que sur les parties garnies de poils. Les bains d'eau cha cide carbonique augmentent la sensibilité ; de très-faibl rants d'induction la diminuent.

La température du corps en contact exerce aussi son inf un poids donné paraît plus lourd qu'un poids égal plus les deux pointes du compas sont mieux perçues quand le pérature est inégale, et on les distingue encore même qua distance est plus petite que le minimum d'écart.

L'*exercice* modifie considérablement la sensibilité tac cette modification s'effectue même très-rapidement : en q heures, la sensibilité de la face palmaire peut être quadr les progrès sont d'abord très-rapides, puis plus lents ; il que la sensibilité ainsi acquise se perd très-vite et rev quelques heures au degré normal ; cependant, par un e régulier et réitéré, les progrès deviennent permanents. à quelle finesse de toucher arrivent les aveugles. Un fai lier, c'est que l'exercice d'une partie modifie en même t augmente la sensibilité de la partie symétrique non exer qui prouve que les modifications anatomiques amenées par cice ont lieu, non dans les organes périphériques, mais d centres nerveux eux-mêmes.

L'exercice augmente aussi bien la sensibilité à la press la sensibilité à la distance ou la faculté de localisation. Pou la sensibilité à la pression, on place deux poids inégau

[redacted]

nt sur des points symétriques de la peau, soit suc-
sur le même point, et le sujet apprécie, sans le se-
il, la différence des deux poids. D'après Weber, on
ıer des différences de 1/40e, pourvu que les poids ne
p légers ni trop lourds. Les augmentations de poids
:ilement perçues que les diminutions.

ion rectifie et perfectionne les sensations tactiles, et
ıain en est l'agent principal, on a voulu localiser
;ane le sens du toucher, sens répandu sur toute la
a peau. La palpation est un phénomène complexe
interviennent non-seulement les sensations tactiles,
ı musculaire, et auquel des actes cérébraux très-
donnent un caractère essentiellement intellectuel.
le émousse non la sensibilité, mais la sensation tac-
ıpression prolongée finit par ne plus déterminer de
nous ne sentons plus nos vêtements qui sont jour-
ːn contact avec la peau; il suffit même d'un temps
ıour que la sensation disparaisse quand le contact se
surtout si le corps en contact éveille en nous une
éjà connue.
:e de la *fatigue* sur les sensations tactiles a été peu

ations tactiles sont souvent le point de départ de
i varient suivant les régions excitées et le mode d'ex-
ıut le monde connaît les réflexes (rires, convulsions)
ır le chatouillement; il en est de même pour les
; tels sont l'éternuement par le contact de la pituitaire
ıs corps, la toux par la titillation du conduit auditif
:.
lu toucher dans les phénomènes intellectuels sera étu-
chapitre de la psychologie physiologique.

ALYSE THÉORIQUE DES SENSATIONS TACTILES.

e des sensations tactiles est encore très-incomplète et
:éduit, sur ce sujet, à des hypothèses. Il me paraît
utile de donner une idée de la façon dont ces phéno-
vent être interprétés.

On serait porté à admettre qu'à chaque sensation simple de co
de pression correspond l'excitation d'une seule fibre nerveuse p
et que l'excitation simultanée de deux fibres nerveuses distinctes
une sensation double. En réalité, il n'en est pas tout à fait ains
que aigus que soient les corps en contact avec la peau, ils ex
toujours plus d'une fibre nerveuse primitive sans donner pour
sensation double. C'est qu'ici intervient une opération intell
déjà étudiée à propos des autres sensations, c'est la tendan
l'esprit à fusionner en une seule sensation les impressions q
gnent des fibres nerveuses voisines. Pour qu'il y ait deux se
distinctes, il faut qu'il y ait une ou plusieurs fibres inexcit
peut-être moins excitées ?) entre les deux points touchés.

Pour faciliter l'interprétation des phénomènes tactiles, on pe
parer la peau à une sorte de damier dont chaque case (*cercle de*
tion de Weber) serait innervée par un filet nerveux distinct ; d
régions les plus sensibles, les cases seront plus petites, et le
des terminaisons nerveuses plus considérable. Ainsi, la région cut
par exemple (*fig.* 231), sera innervée par 9 nerfs et comprendra 9

Fig. 231. — Schéma de l'innervation tactile. *Fig.* 232. — Schéma de l'innervati

tandis que la région B (*fig.* 232), quoique de même étendue, com
dra 36 cases et recevra 36 fibres nerveuses.

Si, dans la figure A, on place les branches du compas sur a et c
la première case, il n'y aura qu'une sensation simple ; il en ser
même si on place la seconde branche du compas sur une des
voisines ; par contre, si on place une des pointes en c et l'autre
il y aura sensation double parce qu'entre les deux pointes il y a
case inexcitée. Si, au lieu de la région cutanée A, nous prenons
région cutanée B, où les cases sont moitié moins larges, la dis



mum des deux branches du compas devra être moitié moins grande n A pour avoir une sensation double. Cette hypothèse explique s bien, au premier abord, la différence de sensibilité des diverses ns de la peau, mais elle ne suffit pas pour tous les cas. En effet, me distance des deux pointes du compas *c e*, qui, dans la position figure 231, donne une sensation double, donnerait une sensation le si on les place sur deux cases voisines, ce qui n'est pas ; en b, elle ne peut expliquer le perfectionnement de cette sensibilité exercice. On est alors forcé d'admettre que les circonscriptions uses cutanées (cercles de sensation des auteurs) empiètent les sur les autres, autrement dit qu'un même point de la peau reçoit filets nerveux provenant de plusieurs nerfs et que, par suite, un quelconque en contact avec la peau excite en même temps plu- fibres nerveuses. On représente alors les départements nerveux cercles enchevêtrés les uns dans les autres.

figure 233 représente ce mode d'innervation. Soit une coupe versale schématique d'une région cutanée; cette étendue cuta-

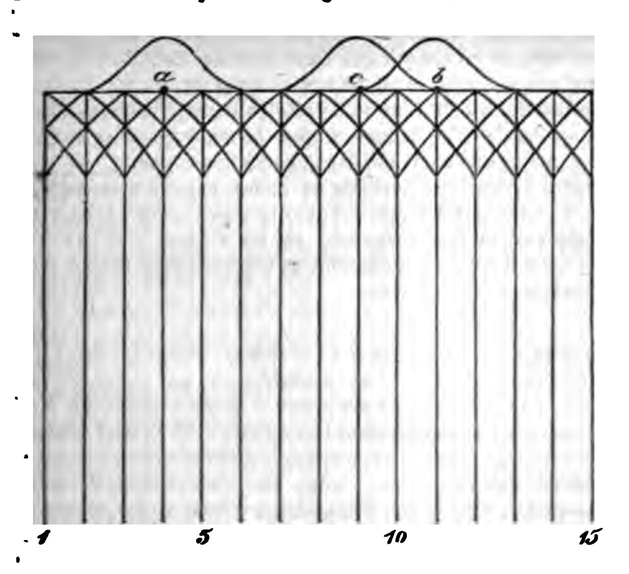


Fig. 233. — Schéma de l'innervation tactile.

recevra un certain nombre de fibres nerveuses, et chaque fibre use fournira plusieurs filets empiétant sur les filets des nerfs ns. Soit maintenant un corps, une pointe de compas, par exem-



ple, venant au contact de cette sur
étendue de peau toutes les fibres ner
n'aura pas sur toutes la même intens
fibre 4, plus faible pour les fibres 3
fibres 2 et 6, etc.; on pourra donc r
tion de la peau sur cette surface pa
correspondra à l'intensité de l'excit
corps sera simple, quoiqu'il y ait plu
n'y aura pas de lacune dans l'excita
pointe du compas au delà de *b*, il y a
laquelle les fibres nerveuses seron
donc là les conditions nécessaires p
dire une lacune dans l'excitation ne
deuxième pointe du compas en *b*, i
aucun élément nerveux absolumer
fibres 7 et 8 est excessivement faibl
tion et l'exercice, de faire abstracti
ne sentir que les deux maxima c
rendre la sensation double; l'exer
aller plus loin, et on conçoit que d
deux excitations *a* et *c*, et même *b*
sensation double; il suffit alors qu'il y
fortes, séparées par une sensation
recourir à une lacune complète dan

Le nombre d'éléments inexcités
juger de la distance qui sépare les
aussi comprend-on facilement que
nerfs, les deux pointes ne donneron
même écart des deux branches.

Quel est maintenant l'élément de
si on peut s'exprimer ainsi? C'est p
analogue aux sensations qui constit
qu'on éprouve par la compression l
exemple, mais atténuée par l'épider
ment spécial, une fulguration légè
correspondante à l'excitation d'une
tactile que, jusqu'ici, nous avons co
donc, dans ce cas, qu'une sensatio
d'unités, de même qu'un son qui
composé de plusieurs sons et de
Quand, d'un autre côté, l'excitation
tions partielles se fusionnent en
douleur.

[redacted]

b. — Sensations de température.

' *Des conditions de production des sensations de température.*

.es sensations de température ou mieux de chaleur ou de id reconnaissent pour cause une variation *brusque* de tempé- ure de la peau ; la température de la peau, résultante immé- te de la température du sang qu'elle reçoit, est un peu au- sous de la température des parties profondes, et supérieure, général, à la température de l'air ambiant ; aussi, sauf de rares eptions, la peau subit : 1° une déperdition continuelle de calo- ue au profit de l'extérieur ; 2° un apport continu de calorique détriment de l'intérieur. Cette perte et cet apport s'équili- nt, la température de la peau reste *constante*, et nous n'avons une sensation. Mais si l'équilibre se rompt brusquement, si la rte ou le gain sont trop intenses, cette variation impressionne nerfs cutanés qui la transmettent aux centres nerveux, d'où sation de température ; cette sensation se produit donc quand nité de surface de la peau reçoit ou perd, dans l'unité temps, une quantité déterminée de calorique (non encore surée).

De ce qui précède, il résulte que la sensation de *froid* pourra connaître pour causes :

1° Un apport moindre de calorique de l'intérieur, exemple : ninution de l'afflux sanguin par rétrécissement des artères tanées ;

2° Un abandon plus grand de calorique au milieu extérieur ; si l'on met en contact avec la peau un corps plus froid elle, ou meilleur conducteur, ou plus froid que ceux qui la tou- aient précédemment.

De même, la sensation de chaleur se produira :

1° Si la peau reçoit plus de calorique de l'intérieur (afflux nguin) ;

2° Si elle en abandonne moins à l'extérieur ou si elle en reçoit l'intérieur.

Tous les corps, quel que soit leur état, solide, liquide ou gazeux,



sont susceptibles de déterminer des s
deux choses seulement sont à cons
corps en contact et sa conductibilité.
est trop basse ou trop élevée, la sen
paraît pour faire place à la douleur :
aura aussi un rôle important. A temp
leurs conducteurs, les métaux par (
plus d'intensité les sensations de cha
ductibilité peut même compenser (
température. Si, l'air étant à 17°, (
l'eau à 18°, on a une sensation de :
contact avec la main soit plus chaud
conducteur que l'air, et la main perd
plus grande quantité de calorique.
qu'un morceau de métal paraît plus
morceau de bois à la même tempéra

2° *Caractères des sensati(*

Les sensations de température son
de froid, sensation de chaleur : quo
tiellement la même et qu'il n'y ait au
degré, cependant l'esprit a la percep
férentes. Quand ces deux sensations
sité, elles se transforment peu à peu
d'abord, a un caractère particulier |
froid, mais qui, au maximum d'inter
caractère d'une brûlure.

Les sensations thermiques simul
d'autant mieux perçues qu'il y a plus
ture entre les deux corps en contact
la sensibilité thermique de la peau, (
pas dont les deux pointes sont in(
l'*æsthésiomètre de Liégeois*. Cet inst
même principe que l'æsthésiomètre d(
pointes sont en rapport avec deux pe
remplir de liquide à une températur(
l'*écart minimum* entre les deux poin
pointes sont à une température diffe

[redacted]

ensibilité thermique des différentes régions de la peau ne a exactement la topographie de la sensibilité tactile. Cette lité est, au maximum, sur certaines parties de la face, paupières, pointe de la langue, conduit auditif; elle est re aux lèvres ; elle est très-faible au nez. Sur le tronc, la médiane est moins sensible que les parties latérales ; la e est plus sensible en bas qu'en haut ; le ventre l'est plus dos; sur les membres, la sensibilité augmente à mesure se rapproche de la racine du membre ; au bras et à la cuisse, de l'extension est plus sensible que celui de la flexion ; inverse à l'avant-bras et à la jambe. Le froid, la cha-5°) diminuent la sensibilité. Il en est de même de l'épais-e l'épiderme (mauvais conducteur).

aines températures s'apprécient plus facilement que d'au-insi, pour l'eau, on apprécie le mieux les différences de ature de 27° à 33°, puis entre 33° et 37°, puis entre 14° Cette appréciation se fait en plongeant successivement le doigt dans les deux liquides, ou successivement deux doigts iques ; on peut distinguer ainsi des différences de 1/6° de (Réaumur).

lurée des sensations de température dépasse la durée de cation de l'excitant ; on a ainsi des sensations *consécutives* id et de chaud ; cette durée est même assez longue. Ainsi, net en contact, pendant quelque temps, le front avec un froid, un morceau de métal, par exemple, on a une sen-consécutive de froid assez prolongée, et cette sensation te ce caractère particulier de n'être pas uniformément sante, mais de présenter des espèces de redoublements sité (4 à 5).

tensité de la sensation dépend d'abord de la température du corps en contact et de sa conductibilité, autrement dit rapidité du changement de température de la peau ; en l lieu, de l'étendue de la surface impressionnée ; de l'eau plus chaude (ou plus froide) quand on y plonge la main que quand on y plonge le doigt seulement.

ocalisation des sensations thermiques se fait toujours à la touchée ; mais cette localisation est moins nette et plus que celle des sensations tactiles.

aines muqueuses sont douées de la sensibilité à la tem-

pérature; telles sont les muqueuses buccale, pharyngienn
voile du palais fait percevoir des différences de deux degré
partie inférieure du rectum, etc.; d'autres, comme les muqu
stomacale, intestinale, utérine, etc., en sont tout à fait dé
vues. La sensibilité des muqueuses pour la température e
général, moins développée que celle de la peau. Si, par exe
pendant qu'on boit un liquide chaud, comme du café, on t
la lèvre supérieure dans la tasse de façon que la partie c
de la lèvre soit en contact avec le liquide, on a immédiat
une sensation de brûlure.

L'influence de l'exercice, de l'habitude, de la fatigue, a é
étudiée.

Les sensations de température peuvent être le point de
de réflexes, différents pour les sensations de froid et de c
pour le froid, les réflexes portent surtout sur le système m
laire lisse (chair de poule) ou strié (frissons, claquemen
dents); il faut distinguer dans ces cas l'effet réflexe de l'infl
locale directe.

Les sensations thermiques, comme les sensations de contact
leur siége dans les parties superficielles de la peau; ainsi, elles d
raissent, comme ces dernières, dans les cicatrices superficielle
derme. Comme le contact a pour organes les corpuscules de Meiss
il est probable que les sensations de température ont pour siég
réseau nerveux de la couche de Malpighi, et cette hypothèse s'acc
avec la diffusion plus grande et la localisation moins bien défini
sensations de température.

Les sensations thermiques et les sensations tactiles ont, du r
beaucoup de points de ressemblance; si on recouvre la peau de c
dion en laissant un trou central où la peau est à nu et qu'on fasse
sur la peau tantôt le contact (pinceau, bâton, ouate), tantôt la cha
(métal incandescent, lentille), la cause de la sensation est parfaitem
reconnue à la paume de la main (le sujet en expérience a natur
ment les yeux fermés); mais, sur le dos de la main, 6 fois sur
expériences, la chaleur est prise pour le contact, et, sur le do
nombre des erreurs atteint 12 sur 30 expériences (Wunderli et N
Cependant, d'un autre côté, les deux sensations, chaleur et cont
peuvent coexister au même endroit sans se confondre, et, dans de
pathologiques, il peut arriver que la sensibilité tactile et la sensibilit
température soient, l'une abolie, l'autre conservée. Il semblerait
que ces sensations aient pour siége et pour conducteurs des org



les filets nerveux spéciaux, sans cependant qu'on puisse en donner émonstration.

Bibliographie. — WEBER : *Tastsinn und Gemeingefühl*; dans : *Wagner's Handwörterbuch der Physiologie*.

6° SENSATIONS MUSCULAIRES.

1° *Sens ou conscience musculaire.*

On donne le nom de *sens* ou *conscience musculaire* à la notion nous avons de la contraction des muscles. Mais il faut disguer avec soin, dans cette sensation, la perception du mouvent musculaire même et la perception de l'intensité de l'effort volonté par lequel nous cherchons à faire agir les muscles. seconde, en effet, comme l'a montré Helmholtz, peut exister faitement en l'absence même de toute contraction muscure; c'est ainsi que nous apprécions la position de la ligne uelle, non d'après la tension des muscles, mais d'après l'effort volonté par lequel nous cherchons à changer la position de il. Soit, par exemple, un cas de paralysie du muscle droit terne de l'œil droit, l'œil ne peut plus se porter dans l'abducn; si alors le patient tourne le regard à droite, les objets lui aissent se déplacer dans la même direction, quoique son œil it soit resté immobile; il est persuadé que la ligne visuelle t déplacée à droite, et, comme les images rétiniennes n'ont changé de position sur la rétine de l'œil paralysé, il croit les objets participer au mouvement qu'il attribue d'une manière erronée au globe oculaire. On peut appeler cette perception timent de l'effort musculaire volontaire; on pourrait peutlui réserver le nom de *conscience musculaire*.

L'autre espèce de sensation, *sens musculaire* proprement dit, nous donne la notion de la contraction musculaire elle-même. Nous apprécions ainsi :

1° *L'énergie* de la contraction, c'est-à-dire la force avec laquelle muscle se contracte; c'est par ce moyen que nous apprécions, en *soupesant*, le poids des objets et la résistance que les corps térieurs opposent à la contraction musculaire. Dans cette tion du poids, le sens musculaire vient en aide à la sensation

tactile de pression qui, à elle seule, ne nous donnerait que des notions insuffisantes. Quand la contraction musculaire se produit sans soulèvement d'un poids, nous rapportons la sensation au muscle; quand, au contraire, nous soulevons un poids, nous sentons l'objet lui-même; puis, à mesure que la fatigue vient, la sensation de l'objet disparaît pour faire place à la sensation musculaire;

2° L'*étendue* du raccourcissement ou l'excursion du mouvement (précision du mouvement);

3° La *rapidité* de la contraction (agilité du mouvement;

4° La *durée* du mouvement;

5° La *direction* du mouvement; cette notion est une notion complexe due à l'adjonction de sensations tactiles et visuelles;

6° La *position* des membres et du corps; ce n'est plus là seulement une sensation de contraction musculaire, mais souvent aussi une sensation de tension passive des muscles, comme dans le décubitus dorsal; c'est grâce à ces sensations que nous savons, même dans l'obscurité et sans l'intervention du toucher ou de la vue, la position occupée dans l'espace par nos membres. On a donné aussi à cette notion le nom de *sens de stabilité, sens de l'équilibre*. Cette notion joue un très-grand rôle dans la station, la marche, et, en général, dans tous les mouvements que nous exécutons.

La perte de ce sentiment de stabilité ou d'équilibre constitue le *vertige*.

La *fatigue* musculaire est une sensation particulière que tout le monde connaît et qui, à un degré extrême, se transforme en une sensation de brisement. La fatigue persiste dans les muscles même après la section des nerfs cutanés du membre. Dans certains cas, les contractions musculaires sont douloureuses, et on a donné le nom de *crampes* aux douleurs spéciales qui accompagnent ces contractions.

Les muscles sont, du reste, insensibles aux excitants généraux; on peut les piquer, les couper, les brûler sans provoquer de douleur.

Quand l'organisme est en bonne santé, on éprouve un sentiment général de bien-être, de légèreté dans le corps et dans les membres (*euphorie*) qui paraît être aussi une sensation musculaire.

2° *Sensations musculaires spéciales.*

Les sensations musculaires décrites ci-dessus n'appartiennent guère qu'aux muscles du squelette. Mais il est d'autres sensations qui doivent être aussi rapportées aux muscles et qui se distinguent des précédentes par des caractères particuliers. Pour quelques-unes même, le doute existe encore pour savoir si elles doivent être rattachées aux sensations musculaires. Telles sont la faim, la nausée (muscles du pharynx et du voile du palais), le besoin d'aller à la selle, le besoin d'uriner, les sensations oculaires qui accompagnent l'envie de dormir (releveur de la paupière supérieure et globe oculaire), la sensation musculaire du plancher buccal qui précède le bâillement, le besoin de respirer, les contractions utérines (douleurs), les sensations génitales qui accompagnent l'érection et l'éjaculation (sens de la volupté), etc. Certains muscles, comme le cœur, ne donnent lieu, à l'état normal, à aucune sensation.

3° *Innervation musculaire sensitive.*

La question de savoir s'il y a des nerfs spéciaux pour la sensibilité musculaire, n'est pas encore résolue. Trois théories principales existent sur ce sujet :

1° Pour les uns, il n'y a pas de fibres sensibles musculaires spéciales; nous connaissons uniquement la quantité d'innervation envoyée au muscle; nous avons la notion de la contraction voulue et non de la contraction exécutée ; nous percevons l'intention et non le fait. Cette notion, comme on l'a vu plus haut, est réelle, mais elle n'est pas la seule et elle ne suffit pas pour expliquer tous les phénomènes.

2° Pour d'autres, nous ne connaissons la contraction d'un muscle que par les sensations engendrées dans la peau ou la muqueuse qui le recouvre (Aubert) ; ce serait donc une pure sensation tactile. Rauber a modifié l'hypothèse, qui ne pouvait s'appliquer aux muscles profonds et aux muscles viscéraux (diaphragme, etc.), en affectant à la sensibilité dite musculaire les corpuscules de Pacini, corpuscules qui seraient comprimés pendant la contraction musculaire. L'hypothèse de Rauber me paraît se réaliser dans certains cas, et il est très-probable, en effet, que c'est là l'usage des corpuscules de Pacini qu'on trouve dans le voi-

sinage des articulations; mais elle ne suffit pas non plus pour tout expliquer.

3° Enfin, d'autres auteurs (Arnold, Brown-Séquard, etc.), et il me paraît difficile d'échapper à cette nécessité, admettent des fibres centripètes qui iraient des muscles aux centres nerveux et transmettraient à ces centres la sensation de la contraction musculaire faite et exécutée.

C. Sachs a fait des recherches récentes sur les nerfs sensitifs des muscles; il a vu l'excitation du nerf musculaire du couturier, chez la grenouille, provoquer des contractions réflexes circonscrites ou générales, même après la section des racines antérieures motrices du nerf sciatique qui paralyse tous les muscles de la patte. L'excitation, par l'ammoniaque, de la coupe du couturier (dans sa partie dépourvue de nerfs) produit de même un réflexe généralisé. Il semblerait donc, d'après ces expériences, que la contraction des muscles striés détermine une excitation qui est transmise par des nerfs sensitifs aux centres nerveux, et que cette contraction s'accompagne d'une sensation spéciale qui lui correspond.

7° SENSATIONS INTERNES.

Les sensations internes se distinguent des sensations précédentes par leur indétermination, la difficulté de les localiser dans une région précise et surtout par ce caractère essentiel qu'elles ne nous font connaître que des *états* de l'organisme sans jamais nous mettre en rapport avec les objets extérieurs (¹).

Ces sensations internes sont excessivement multipliées; chaque fonction, pour ainsi dire, s'accompagne de sensations particulières qui, très-souvent, passent inaperçues à cause de leur faible intensité et grâce à l'habitude, mais qui deviennent perceptibles dès qu'elles acquièrent une certaine intensité et peuvent même, dans certains cas, arriver à un degré de violence insoutenable pour l'organisme. Ces sensations internes sont de deux ordres : les unes correspondent au non-exercice de la fonction; ainsi, qu'on retienne pendant quelque temps sa respiration, on sentira bientôt une gêne considérable de la région pectorale (attaches du diaphragme), un besoin de respirer qui, à la longue, devient intolérable ; la faim, la soif, l'envie de dormir, etc., sont des sensations du même ordre, et on leur donne, en général,

(¹) Cependant cette distinction n'est pas absolue; le sens musculaire, par exemple, offre, à ce point de vue, la transition entre les sensations spéciales et les sensations internes.

[redacted]

soins. A un degré très-léger d'intensité, ces besoins ont
s un caractère agréable (appétit, besoin sexuel), mais
atteignent une certaine force, ils deviennent rapidement
les, puis douloureux. Quelques-uns, comme la nausée,
le, sont toujours désagréables.

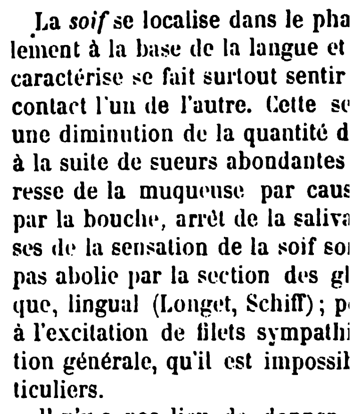
onde catégorie de sensations internes correspond à
des fonctions; ainsi quand, après avoir retenu notre
, nous respirons largement, la pénétration de l'air
oies aériennes s'accompagne d'une sensation de bien-
urant d'air pur dans les poumons; la satisfaction de la
la soif, l'exercice musculaire, etc., nous offrent le
re de sensations qui peuvent atteindre une intensité
le, comme dans les sensations voluptueuses du coït. On
peler *sensations internes fonctionnelles.*

douleur, avec ses manifestations multiples, constitue
ne groupe de sensations internes.

lons passer rapidement en revue chacun de ces groupes
ons internes.

1° *Besoins.*

, quoique assez vaguement localisée, paraît avoir son
la région épigastrique. Au début, la sensation de la
gréable (appétit), puis elle devient peu à peu doulou-
ême atroce (sensations de tiraillement, de torsion, de
t de l'estomac). La faim est satisfaite par l'introduction
nts dans l'estomac avant même que la résorption des
le la digestion ait pu se faire; l'introduction de subs-
n digestibles peut la suspendre pour quelque temps; il
même de l'usage de l'alcool, du tabac, de l'opium. La
de la faim paraît due en partie aux contractions des fibres
es stomacales, en partie peut-être aussi aux nerfs sensi-
muqueuse; en tout cas, la section des pneumogastriques,
hiens, n'abolit pas la sensation de la faim (Sédillot), ce
e indiquer, au moins dans certaines conditions, une ori-
ale, sans qu'on puisse encore préciser le siége de ce
rveux. Il doit cependant être placé dans la moelle allon-
es fœtus anencéphales tètent et ont, par conséquent, la
de la faim.



La *soif* se localise dans le pha
lement à la base de la langue et
caractérise se fait surtout sentir
contact l'un de l'autre. Cette se
une diminution de la quantité d
à la suite de sueurs abondantes
resse de la muqueuse par caus
par la bouche, arrêt de la saliva
ses de la sensation de la soif so
pas abolie par la section des gl
que, lingual (Longet, Schiff); p
à l'excitation de filets sympathi
tion générale, qu'il est impossil
ticuliers.

Il n'y a pas lieu de donner
autres besoins.

2° *Sensations inte*

Je ne parlerai ici que des sen
pagnent le coït. Ces sensations
sensitifs de l'appareil génital, en
cles striés et lisses du même ap
sations tiennent à l'excitation r
vagin, du clitoris et de la face i
contractions musculaires du co
caverneux et des fibres lisses des
les mêmes conditions intervienr
peau du pénis et du gland, cont
et des fibres lisses du canal défé
la prostate, etc. La preuve que
sensitifs joue un rôle moins imp
culaire dans ces sensations, c'e
l'homme et chez la femme s'acc
voluptueuses quoique l'excitatio
soit absente. Au moment de l'
tueuse, d'abord localisée à l'appa
en même temps qu'elle augmen
grande partie du système mus

[redacted]

art (appareil musculaire de l'utérus et des annexes, es du mamelon, muscles lisses de la peau, etc.).

3° *Douleur.*

uleur n'est pas la simple exagération d'une sensation ; elle apparaît bien, il est vrai, quand la sensation acquiert nsité trop forte, mais il y a quelque chose de nouveau, ent particulier qui se surajoute à la sensation primitive. sation de douleur se montre surtout dans les organes qui és de la sensibilité tactile ; mais on la rencontre aussi muscles et dans les organes qui, à l'état normal, ne nous aucune sensation, os, viscères, etc. Elle est moins accen- se présente moins fréquemment dans les nerfs des sens , mais elle y existe cependant, quoique certains physio- prétendent le contraire ; la fatigue rétinienne, par exem- t qu'une forme de douleur. On peut donc dire d'une façon que toutes les parties pourvues de nerfs peuvent devenir de sensations douloureuses.

int de vue de la production de la douleur, les organes se comporter de deux façons : les uns, comme la peau, e, etc., sont sensibles aux excitations provenant de l'ex- la piqûre, la section, etc., y déterminent de la douleur ; s, au contraire, comme les muscles, peuvent être piqués, dilacérés, sans qu'il y ait douleur ; ils sont, comme on dit, les, quoique cependant ils puissent être le siége de dou- r cause interne, comme celles de la crampe, de la fatigue. alisation des sensations douloureuses se fait, en général, çon peu précise. Quelquefois, il est vrai, elles se fixent point déterminé ou suivent les ramifications nerveuses, plus ordinairement et surtout quand elles occupent les profonds, elles sont diffuses et ne peuvent être exacte- calisées.

nsité de la douleur dépend de l'intensité de l'excitation durée d'application, de l'excitabilité de l'individu et de la partie impressionnée ; la quantité de fibres nerveuses a aussi une très-grande importance. Si on plonge le ns de l'eau à 49°, on ne ressent aucune douleur ; si nge la main tout entière, on a une sensation de brûlure.



tactile est conservée, la sensibilité à la douleur
inversement; autrement dit, il peut y avoir ana
thésie, et anesthésie sans analgésie. (Voir : *Cent*

Bibliographie. — LECAT : *Traité des sensations*, 1767. —
Sinne des Menschen, 1827. — PURKINJE : *Sinne im Allgeme*
Handwœrterbuch, 1849. — FECHNER : *Elemente der Psychop*
Lehrbuch der Anat. und Phys. der Sinnesorgane, 1864.

2. — PHYSIOLOGIE DES NERFS.

1° NERFS RACHIDIENS.

Procédés. — MISE A NU DES RACINES RACHIDIENNES
On met à découvert les derniers arcs vertébraux p
peau et la dissection des muscles des gouttières; on
chaque côté, avec des ciseaux fins et assez forts, le
bral, puis les suivants en prenant bien garde de le
racines antérieures sont cachées par les postérieures
très-volumineuse; la dixième est très-fine et accolée
septième, huitième et neuvième forment l'ischiatique
sciatique et le nerf crural; on peut alors sectionner
racine. — 2° *Chien*. Chez le chien, on peut opérer sur
cervicale sans ouvrir le canal vertébral; si on opère
baire, il faut ouvrir le canal rachidien (voir *Moelle*).
reposer l'animal, on explore la sensibilité des racin
sectionner isolément. Le procédé est le même chez l
cochon d'Inde, etc.

SECTION DU GRAND NERF AURICULAIRE (*Lapin*). — Il

[redacted]

ECTION DU NERF PHRÉNIQUE (*lapin*). — 1° *A son origine* (voir *Section branches du plexus brachial*). — 2° *A la partie inférieure du cou.* ncise la peau sur la ligne médiane ; le nerf se trouve en dehors insertions du sterno-mastoïdien, au confluent de la veine jugulaire rne et de la sous-clavière.

ECTION DES NERFS D'ORIGINE DU PLEXUS BRACHIAL (*lapin*). — 1° *Cinme et sixième nerfs cervicaux gauches.* Position dorsale ; le mem- supérieur est tiré en bas ; la tête et le cou sont inclinés du opposé ; l'incision cutanée tombe sur l'épine de l'omoplate ; on ionne le releveur de l'omoplate et la partie supérieure du trapèze la direction de leurs fibres ; le cinquième nerf cervical se trouve avant des scalènes antérieur et moyen ; on s'oriente sur les apo- ses transverses des vertèbres cervicales. — 2° *Huitième nerf cer- il et premier dorsal* (*à droite*). Position dorsale ; on incise la peau la ligne médiane ; on détache les muscles pectoraux de leurs ches au sternum ; on met à découvert la veine et l'artère sous-cla- e qu'on récline en haut ; le tronc provenant des deux nerfs cher- s se trouve au-dessus, en arrière et en avant du scalène antérieur. r Krause, *Anat. des Kaninchens*.)

ECTION DU NERF MÉDIAN (*lapin*). — On incise la peau à la partie renne du bras, parallèlement au bord interne du biceps ; le nerf est s l'aponévrose en avant de l'artère humérale et du nerf cubital.

ECTION DU NERF CRURAL. — Le nerf a les mêmes rapports que chez mme.

ECTION DU NERF SCIATIQUE. — On le trouve à la partie supérieure et renne de la cuisse, entre le biceps et le demi-membraneux. On t aussi le découvrir plus haut en traversant les fibres des muscles iers.

1° *Racines des nerfs rachidiens.*

° ***Racines postérieures.*** — Les racines postérieures sont *sen- ses.* Après la section de ces racines, les parties qui reçoivent s nerfs des racines sectionnées sont insensibles ; si on excite ctricité, piqûre, etc.) le bout périphérique, aucun phénomène se produit ; si on excite le bout central, il y a des signes de leur (cris, mouvements) ou simplement des mouvements ré- es. La transmission dans les racines postérieures est donc tripète. En outre, la section de ces racines n'abolit pas la ilité dans les parties correspondantes. En effet, si, après leur tion, on pique la peau d'une autre région, des mouvements se duisent dans la région qui correspond aux racines sec-

tionnées. L'excitabilité des racines postérieures disparaît très-vite après la mort.

2° *Racines antérieures.* — Des expériences analogues montrent que ces racines sont *motrices*. Après leur section, les parties innervées par elles ont perdu leurs mouvements ; l'excitation du bout central ne produit rien, l'excitation du bout périphérique amène des contractions énergiques. Ces contractions peuvent se montrer dans les muscles lisses comme dans les muscles striés. D'après Steinmann, E. Cyon, etc., l'excitabilité des racines antérieures serait sous l'influence des racines postérieures ; celles-ci enverraient aux racines antérieures des excitations continuelles qui maintiendraient la tonicité musculaire, de sorte que, après leur section, la hauteur de contraction des muscles diminuerait. Si on adapte au myographe de Marey un muscle (gastrocnémien de grenouille) chargé d'un poids (de 20 à 30 grammes), dès qu'on coupe les racines postérieures, la courbe tracée indique un allongement du muscle (E. Cyon). Ces résultats ont été contredits par plusieurs observateurs. L'excitabilité des racines antérieures persiste assez longtemps après la mort.

Les racines antérieures contiennent en outre une partie des fibres *vaso-motrices*. (Voir *Nerfs vaso-moteurs*.)

Sensibilité récurrente. — Magendie et Cl. Bernard ont constaté que les racines antérieures sont aussi sensibles ; seulement cette sensibilité présente des caractères particuliers, elle disparaît après la section de la racine postérieure correspondante ; il semble donc que cette sensibilité leur vienne de la racine posté-



Fig. 234. — Sensibilité récurrente. (Cl. Bernard.)

rieure ; en outre, elle paraît leur venir de filets récurrents (A, fig. 234) qui partent du ganglion de la racine postérieure H et arri-

vent à la racine antérieure V par son bout périphérique ; aussi si, la racine postérieure restant intacte, on coupe la racine antérieure, son bout périphérique reste sensible, tandis que son bout central est insensible. L'épuisement fait disparaître très-vite la sensibilité récurrente. Le lieu où se fait la récurrence du filet sensitif postérieur pour gagner la racine antérieure est encore indéterminé. D'après Cl. Bernard, la communication des deux racines se ferait à la périphérie, car la section des nerfs mixtes provenant de la jonction des deux racines abolit la sensibilité récurrente. A. Bouchard a constaté cependant chez quelques animaux, mouton, lapin, des filets récurrents se rendant directement de la racine postérieure à la racine antérieure.

D'après Brown-Sequard, les fibres nerveuses affectées à la sensibilité musculaire passeraient aussi par les racines antérieures ; chez la grenouille, les mouvements volontaires persisteraient avec leur précision habituelle après la section des racines postérieures ; mais l'expérience n'a pas donné le même résultat à d'autres physiologistes.

Les lois suivantes régissent la distribution des fibres des racines rachidiennes :

1° Les fibres fournies par une racine ne paraissent pas dépasser la ligne médiane ;

2° Chaque muscle ou chaque région cutanée reçoit ses fibres nerveuses de plusieurs racines, de sorte qu'une section d'une seule racine n'amène pas une paralysie complète ;

3° Les racines antérieures sont en rapport réflexe avec les racines postérieures correspondantes.

Les altérations qui succèdent à la section des racines rachidiennes ont été étudiées page 292.

2° *Nerfs rachidiens.*

Les nerfs rachidiens peuvent contenir : 1° des filets provenant des racines postérieures ; 2° des filets provenant des racines antérieures ; 3° des filets sympathiques, et leurs propriétés physiologiques dériveront nécessairement de la proportion de ces différents filets dans le nerf. On les distingue habituellement en sensitifs, moteurs et mixtes, mais il ne faut pas oublier que les nerfs sensitifs contiennent aussi des fibres vaso-motrices, et que

les nerfs moteurs renferment très-probablement des nerfs de sensibilité musculaire en outre des filets vaso-moteurs des muscles.

Il n'y a donc pas lieu de traiter à part la physiologie des nerfs rachidiens, puisqu'elle se confond avec la physiologie des nerfs sensitifs, moteurs et vasculaires.

2° NERFS CRANIENS.

a. — Nerf olfactif.

Procédés. — Pour détruire les lobes olfactifs ou les nerfs olfactifs avant leur passage à travers la lame criblée, on applique une couronne de trépan sur le frontal et on peut arriver facilement sur les nerfs.

Le nerf olfactif est le nerf de l'odorat. Après sa destruction, l'animal ne peut plus percevoir les odeurs, mais il est encore sensible aux excitants tactiles, comme l'ammoniaque. Magendie, reprenant une opinion déjà émise par Diemerbrock et Méry, a prétendu que l'odorat survivait à la destruction des nerfs olfactifs; mais ses expériences ont été contredites par presque tous les physiologistes. (Voir à ce sujet Cl. Bernard : *Leçons sur la phys. et la path. du système nerveux*, t. II, p. 226 et suivantes.)

b. — Nerf optique.

Procédés. — Section du nerf optique. — 1° *Section dans le crâne* (*lapin*). Le neurotome est introduit comme pour la section du trijumeau (voir *Trijumeau*); l'instrument est porté en avant et en dedans, le long de la face postérieure de la grande aile du sphénoïde; l'opération réussit rarement. — 2° *Dans l'orbite*. On introduit le neurotome entre le globe de l'œil et la paupière supérieure, à la partie postérieure de l'apophyse orbitaire externe du frontal, on fait glisser l'instrument le long de la partie postérieure de l'orbite et on coupe le nerf en avant du trou optique.

Le nerf optique est le nerf de la vision. Sa section produit la cécité; son excitation mécanique, électrique, etc., s'accompagne de sensations lumineuses subjectives; la lumière, quand elle est portée directement sur ses fibres, ne détermine aucune sensation;

elle ne peut agir sur lui que par l'intermédiaire de la rétine. (Voir *Vision*.)

c. — Nerf moteur oculaire commun.

Procédés. — A. Section. — 1° *Section intra-crânienne* (*lapin*) ; *pr. de Valentin.* On traverse le crâne avec un neurotome comme pour la section intra-crânienne du trijumeau, mais dès qu'on arrive sur le corps du sphénoïde, on abaisse le manche de l'instrument et, en poussant un peu le neurotome, on sectionne le nerf; la blessure de l'artère carotide interne dans le sinus caverneux est difficile à éviter et amène une hémorrhagie mortelle. — 2° *Section après ouverture du crâne.* On enlève la voûte du crâne, les hémisphères ; on sectionne les lobes olfactifs et les nerfs optiques, et en soulevant le cerveau, on arrive facilement sur le moteur oculaire commun. On peut employer le même procédé sur les chiens et les oiseaux (pigeon). — 3° *Section intra-orbitaire.* On pénètre avec un crochet tranchant sur son bord concave par la paroi interne de l'orbite, et on saisit le nerf qui est libre sur l'extrémité antérieure du repli de la dure-mère qui vient s'insérer sur la selle turcique.

B. Arrachement. — *Procédé de Cl. Bernard* (*lapin*). — Même procédé que le précédent, seulement le nerf est saisi avec un crochet mousse.

C. Excitation du nerf. — 1° *Excitation intra-crânienne.* Le crâne est ouvert et le nerf mis à nu comme dans le procédé de section après ouverture du crâne. — 2° *Excitation isolée des différentes branches du nerf.*

A. Action motrice. — Le nerf moteur oculaire commun est un nerf essentiellement moteur. Il innerve les muscles droits supérieur, inférieur et interne de l'œil, le petit oblique, le releveur de la paupière supérieure, le sphincter de la pupille et le muscle ciliaire (*fig.* 235, III).

1° *Action sur le releveur de la paupière supérieure.* — Sa paralysie produit une chute de la paupière supérieure qui ne peut se relever, quoique l'œil puisse se fermer davantage par l'action de l'orbiculaire.

2° *Action sur les mouvements du globe oculaire.* — Ce nerf est l'agent des mouvements de l'œil en bas, en haut, en dedans, et des mouvements de rotation autour d'un axe antéro-postérieur. Après sa section et sa paralysie, le globe oculaire est dévié en dehors (strabisme divergent) par l'action combinée du droit

externe et du grand oblique, et les mouvements de rotation autour d'un axe antéro-postérieur sont partiellement abolis.

3° *Action sur la pupille.* — Il innerve le constricteur de la pupille; son excitation ou sa galvanisation intra-crânienne pendant la vie ou immédiatement après la mort produisent un rétrécissement de la pupille (qui n'a pu cependant être constaté par Cl. Bernard). Nuhn a observé le même fait sur un décapité. Après la section du nerf, la pupille est dilatée et ne se rétrécit plus sous l'influence de la lumière; cette dilatation est persistante. Cependant la pupille peut présenter encore des mouvements : ainsi elle peut se dilater encore par la galvanisation du grand sympathique, par l'action de l'atropine, et pourrait même, dans certains cas, diminuer de grandeur par la section du sympathique ou de l'ophthalmique de Willis (Cl. Bernard). Les mêmes phénomènes se présentent dans les cas de paralysie du nerf, sauf les cas de paralysie partielle où la dilatation pupillaire peut manquer. Une forte convergence des deux yeux suffit pour amener un rétrécissement de la pupille.

4° *Action sur l'accommodation.* — L'action du nerf moteur oculaire commun sur l'accommodation est plus controversée, et les cas de paralysie ne tranchent pas complétement la question. En effet, dans certaines paralysies on a vu l'accommodation persister, mais alors les mouvements de l'iris n'étaient pas abolis non plus, et il est probable que la paralysie était incomplète. Les fibres d'accommodation paraissent avoir des rapports avec les fibres qui vont au releveur, car, tant que le releveur n'est pas paralysé, il n'y a pas de troubles de l'adaptation. Les expériences directes pourraient seules décider la question, mais elles sont très-délicates. Cependant V. Trautvetter, en excitant le tronc du nerf, a vu se produire des variations de l'image par réflexion de la face antérieure du cristallin, comme dans l'accommodation, mais il n'a pu les constater que chez les oiseaux et pas chez les mammifères. L'excitation directe des nerfs ciliaires amène une saillie de la face antérieure du cristallin (Hensen et Völckers). L'influence du nerf moteur oculaire commun sur l'accommodation explique pourquoi la pupille se rétrécit dans la vision des objets rapprochés, se dilate dans la vision des objets éloignés. On peut ainsi, par la volonté, quoique indirectement, rétrécir ou dilater sa pupille.

5° *Action sur la situation du globe oculaire.* — La contrac-

tion des droits et de l'oblique inférieur maintient l'œil en situation et s'oppose à ce qu'il soit refoulé en avant par la pression des parties molles post-oculaires; après sa section on remarque une saillie assez prononcée du globe oculaire.

6° *Action sur la vision binoculaire.* — Ce nerf, en maintenant la solidarité des deux axes optiques, assure la vision simple binoculaire; aussi, après sa paralysie, la divergence de l'axe optique du côté paralysé produit la diplopie *croisée*.

B. Action sur la sensibilité. — Le nerf moteur commun n'est pas sensible à son origine (Longet, Arnold), et la sensibilité qu'il présente plus loin est due à son anastomose avec l'ophthalmique. Cependant Valentin et Adamuk croient qu'il contient, dès son origine, des fibres sensitives et disent avoir constaté des signes de douleur par son excitation intra-crânienne. D'après Cl. Bernard, son tronc, dans son trajet intra-crânien, présente des signes évidents de sensibilité récurrente due à l'ophthalmique.

C. Anastomoses. — 1° *A. avec l'ophthalmique.* — Elle lui fournit sa sensibilité; cette anastomose a été niée par Arnold et Bischoff. — 2° *A. avec le plexus carotidien.* — Elle fournit probablement les filets vaso-moteurs des muscles. — 3° L'anastomose avec la sixième paire, admise par quelques auteurs, n'existe pas.

Bibliographie. — Francès : *Essais sur la paralysie de la 3e paire*, 1854.

d. — Nerf pathétique.

Procédés. — *Section intra-crânienne* et *intra-orbitaire; excitation.* Mêmes procédés que pour le moteur oculaire commun, modifiés seulement d'après les rapports du nerf.

A. Action motrice. — Le nerf pathétique innerve le grand oblique; il détermine le mouvement de rotation de l'œil par lequel la pupille est portée en bas et en dehors. Sa section ou sa paralysie abolissent ce mouvement et il en résulte, par l'action du moteur oculaire commun, que la pupille se porte un peu en haut et en dehors (action du petit oblique); les objets sont vus doubles, mais les images doubles, au lieu d'être croisées, sont *homonymes;* l'image de gauche correspond à l'œil gauche et celle de droite à l'œil droit.

B. Sensibilité. — Sa sensibilité est nulle. Cl. Bernard lui

attribue la sensibilité récurrente, mais il n'a pu la vérifier expérimentalement.

C. Anastomoses. — 1° L'anastomose avec l'ophthalmique ne paraît être qu'un simple accolement de fibres. — 2° L'anastomose avec le plexus carotidien fournit probablement les fibres fines (vaso-motrices) qui se trouvent dans le tronc du nerf.

Bibliographie. — Szokalski : *De l'Influence des muscles obliques sur la vision et de leur paralysie*, 1840.

e. — Nerf trijumeau.

Procédés. — A. Section. — 1° *Section intra-crânienne sans ouverture du crâne* (*lapin*). On se sert d'un neurotome à lame triangulaire ou d'un instrument en forme de canif. La tête étant solidement fixée, on enfonce l'instrument entre la saillie du conduit auditif externe en arrière et la saillie du condyle de la mâchoire inférieure en avant; on traverse ainsi l'écaille du temporal et on dirige l'instrument horizontalement en dedans le long du rocher, le tranchant tourné en avant, jusqu'à ce que les cris de l'animal indiquent qu'on est arrivé sur le nerf; on tourne alors le tranchant en bas et on relève le manche de l'instrument de façon à couper le nerf; on retire l'instrument de la même façon en rasant l'os pour couper tout le tronc nerveux. Suivant qu'on est allé en avant ou en arrière, on coupe en avant ou en arrière du ganglion de Gasser ; suivant qu'on incline plus ou moins le tranchant en bas contre l'os, on coupe toutes les branches ou seulement les deux supérieures, ou l'ophthalmique seule. Les accidents à cra'ndre sont : la section de l'artère carotide interne, l'ouverture du sinus caverneux, la lésion du pédoncule cérébelleux moyen (reconnaissable aux mouvements de rotation du corps sur l'axe) ou celle du pédoncule cérébral (mouvement de manége), la fracture du rocher avec lésion de l'acoustique ou du facial, etc. — 2° *Section après l'ouverture du crâne*. Même procédé que pour les autres nerfs crâniens. Pour les branches diverses de ce nerf, les ganglions sphéno-palatin et optique, etc., consulter les mémoires spéciaux.

B. *Excitation intra et extra-crânienne*. Mêmes procédés.

1° *Branche ophthalmique de Willis*. (Fig. 235, V.)

A. Action sensitive. — La branche ophthalmique fournit la sensibilité (tactile, thermique, et sensibilité à la douleur) : 1° à la peau du front, du sourcil, de la paupière supérieure, de la racine

du lobule du nez; 2° à la conjonctive palpébrale et oculaire, à muqueuse des voies lacrymales, des sinus frontaux, à la partie érieure de la muqueuse nasale; 3° à la cornée et à l'iris; 4° au rioste et aux os des régions frontale, orbitaire et probablement sale; 5° elle fournit probablement la sensibilité musculaire

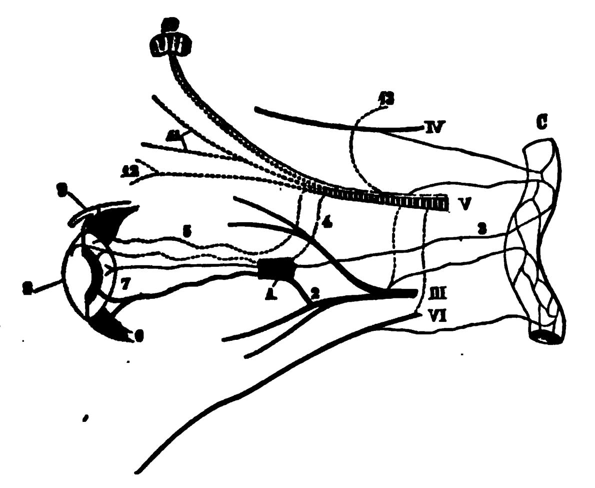


Fig. 235. — Innervation oculaire. (Figure schématique.)

muscles intra-orbitaires (Sappey) et peut-être aussi aux mus- sourcilier, frontal et orbiculaire des paupières. La section de phthalmique abolit la sensibilité dans toutes ces parties.

près Cl. Bernard, les filets ciliaires qui se rendent au globe ocu- sont de deux sortes, directs et indirects. Les filets *directs* (*fig.* 5) provenant du nasal, vont à l'iris et à la conjonctive; les filets *directs* (4) passant par le ganglion ophthalmique vont à l'iris et à la née. Il y aurait donc indépendance entre la sensibilité de la cornée celle de la conjonctive; et, en effet, elles peuvent être abolies l'une

235. — III. Nerf moteur oculaire commun. — IV, nerf pathétique. — V, nerf oph- lmique de Willis. — VI, nerf moteur oculaire externe. — C, carotide et plexus carotidien. ganglion ophthalmique. — 2, sa racine motrice. — 3, sa racine sympathique. — 4, sa sensitive. — 5, filet ciliaire direct. — 6, muscle ciliaire. — 7, iris. — 8, cornée. — njonctive. — 10, glande lacrymale. — 11, nerf frontal. — 12, nerf nasal. — 13, filet ent. Dans cette figure schématique, comme dans les suivantes, les nerfs moteurs sont par des lignes épaisses; les nerfs sensitifs, par des lignes pointillées; les nerfs sympa- ou vaso-moteurs par des lignes fines continues; les nerfs glandulaires par des traits mpus.

sans l'autre. Dans la mort par la section du bulbe, la cornée reste sensible quand la conjonctive est déjà insensible; c'est l'inverse dans la mort par la strychnine; l'extirpation du ganglion ophthalmique abolit immédiatement la sensibilité de la cornée. Demaux (thèse, 1843) cite un cas de paralysie du trijumeau, dans lequel l'œil était insensible, à l'exception de la cornée. Barwinkel a prétendu récemment, en se basant sur des faits pathologiques, que la cornée devait sa sensibilité au sympathique.

B. Action sécrétoire. — La sécrétion de la glande lacrymale est sous l'influence de l'ophthalmique. Cette influence, d'après Herzenstein et Volferz, s'exerce de deux façons :

1° Le nerf lacrymal agit directement sur la glande ; si on excite son bout périphérique (lapin, chien, mouton), on obtient une sécrétion abondante ; sa section est suivie, au bout d'un certain temps, d'une sécrétion continuelle (paralytique ?) ;

2° L'excitation des filets sensitifs de la première (et de la deuxième) branche du trijumeau produit une sécrétion de larmes du côté correspondant ; cette action réflexe ne se produit plus après la section du nerf lacrymal.

C. Action nutritive ou trophique. — Après la section du trijumeau, Magendie et après lui tous les physiologistes ont signalé des altérations spéciales du globe oculaire qui surviennent au bout de quelques heures chez le chien, plus lentement chez la grenouille. La cornée se trouble et s'opacifie et devient le siége d'une véritable kératite qui peut aboutir à une ulcération et à une perforation de la cornée; la conjonctive rougit et s'enflamme, et il en est de même de l'iris (*fig.* 236, p. 909). Ces altérations s'accompagneraient en même temps d'une diminution de tension du globe oculaire (Kocher), et, en effet, von Hippel et Grünhagen ont vu une augmentation de tension du bulbe succéder à l'excitation du trijumeau. Ces troubles de nutrition ont été aussi observés dans plusieurs cas de paralysie du nerf.

La cause de ces altérations a été très-controversée. Pour Snellen, elles reconnaissent une cause mécanique et sont dues aux chocs des corps étrangers dont l'animal ne peut se garantir, n'en ayant pas conscience à cause de l'insensibilité de la cornée; en couvrant l'œil avec l'oreille correspondante (restée sensible après la section du nerf), les altérations ne se produiraient pas.

On les a attribuées encore au dessèchement de la cornée par l'air, soit par diminution de la sécrétion lacrymale (qui a été observée en

[redacted]

0, soit par absence de clignement; mais ces explications sont peu satisfaisantes, car ces altérations ne se produisent pas quand on extirpe

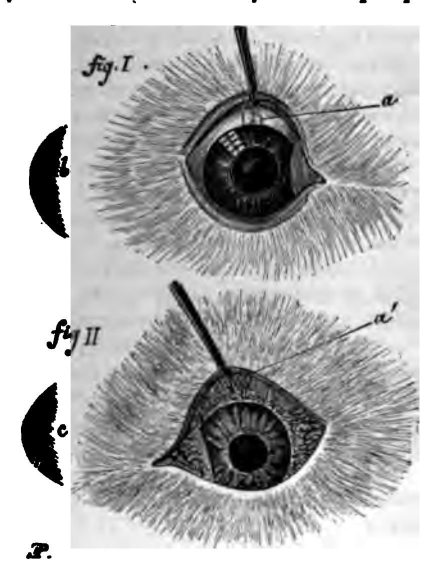


Fig. 236. — Altérations de l'œil après la section du trijumeau. (Cl. Bernard.)

glande lacrymale ou quand on abolit le clignement par la section du facial.

Un fait remarquable, c'est que les altérations de sensibilité de l'œil et les altérations de nutrition paraissent jusqu'à un certain point indépendantes les unes des autres. Magendie avait déjà remarqué que si on coupait le nerf avant son passage sur le rocher, les altérations de nutrition étaient moins prononcées, tandis qu'elles étaient plus graves si on le coupait après le ganglion de Gasser, et le fait a été confirmé par Longet et Carnochan. Meissner, qui a étudié le phénomène de plus près, a vu que, chez le lapin, quand la section intra-crânienne respecte le bord interne du nerf, la conjonctive et la cornée sont insensibles, mais ne présentent pas trace d'inflammation, tandis que si la partie supérieure et interne est seule coupée, la conjonctive et la cornée restent sensibles, mais sont atteintes par l'inflammation. Les fibres sensitives et les fibres trophiques ne suivraient donc pas la même voie.

Fig. 236. — I. Œil normal du côté non opéré; il y a à peine quelques vaisseaux grêles en a. — b, convexité normale de la cornée du côté sain. — II. Œil du côté opéré. — a' injection vasculaire de la conjonctive. — c, convexité de la cornée du côté opéré.

Maintenant une autre question se présente. Ces fibres appartie
elles au trijumeau ou lui viennent-elles du grand sympathique,
le croyait Magendie? Magendie se basait sur ce fait que, après l'a
du ganglion cervical supérieur, on observe des altérations de n
de l'œil correspondant. Mais Cl. Bernard a montré qu'il n'en é
ainsi et que cette inflammation de la conjonctive ne se produis
chez les animaux malades; au contraire, chez les animaux sains,
une sorte d'antagonisme entre la cinquième paire et le grand
thique; ainsi la section de la cinquième paire produit l'abaissem
température du côté correspondant de la tête, et l'ablation du g
cervical supérieur lui a paru, chez les animaux opérés du trij
retarder l'apparition des phénomènes oculaires.

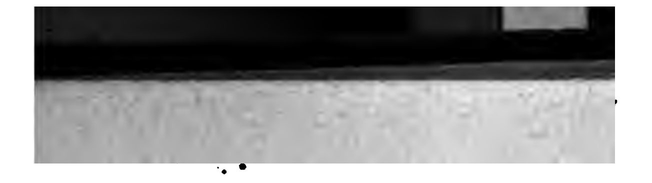
Schiff et V. Bezold croyaient que ces altérations provenaient d
latation paralytique des vaisseaux sanguins par suite de la
des filets vaso-moteurs provenant de la moelle allongée; d'apr
expériences récentes de Cl. Bernard, au contraire, elles seraient
la section des fibres vaso-dilatatrices qui arriveraient au nerf
cerveau et le ganglion; en effet, la section du nerf à ce niveau
des troubles de l'œil sans que les fibres soient dégénérées, ce q
pêche de rattacher ces lésions à des nerfs trophiques.

On voit que la question de l'origine et de la nature (trophiq
vasculaire) de ces fibres nerveuses du trijumeau n'est pas encor
nitivement tranchée.

D. Action sur l'iris et la pupille. — La section du
glion de Gasser ou de l'ophthalmique rétrécit fortement la p
(Magendie) ; l'excitation du ganglion de Gasser amène une
tation de la pupille.

Budge, se basant uniquement sur les faits de section, croyait q
rétrécissement pupillaire était dû à l'excitation de fibres propres
au sphincter de l'iris, et citait à l'appui ce fait que, après la s
de l'oculo-moteur commun, la section du trijumeau produit enco
rétrécissement pupillaire. L'expérience est exacte; mais le rétré
ment serait, dans ce cas, temporaire et non permanent, comme i
en réalité; du reste la meilleure objection est que l'excitation du
glion de Gasser produit la dilatation de la pupille.

On ne peut penser non plus à une action réflexe du trijumeau
l'oculo-moteur, d'autant plus que si la section est faite *avant* le ga
de Gasser, il n'y a plus de rétrécissement pupillaire. On est donc
duit à admettre dans l'ophthalmique et dans le ganglion de Gasser
fibres dont l'excitation produit la dilatation pupillaire. Mais de q
nature sont ces fibres? Sont-ce des fibres motrices allant au m
dilatateur de l'iris, ou bien, ce qui est plus probable, des fibres v



motrices? Dans ce cas, l'effet sur la pupille ne serait que secondaire et dû à l'état même des vaisseaux. Ceci s'accorderait avec l'observation de Schiff, qui a vu la dilatation des vaisseaux de l'iris succéder toujours à la section du trijumeau.

Ces fibres dilatatrices iriennes paraissent d'abord dans le ganglion de Gasser, car la section du trijumeau avant le ganglion ne produit pas la constriction de la pupille [1]; elles ne proviennent pas non plus du sympathique, car après l'ablation du ganglion cervical supérieur, l'excitation du ganglion de Gasser dilate encore la pupille. Ces fibres naissent donc dans le ganglion de Gasser même, et de là se rendraient par la branche ophthalmique.

E. Ganglion ophthalmique. — L'ablation du ganglion ophthalmique produit immédiatement l'insensibilité de la cornée; cependant, par lui-même, le ganglion, au moins chez le lapin, est insensible (Cl. Bernard); les nerfs ciliaires qui en partent, au contraire, sont sensibles; la section de ces nerfs, sauf chez le lapin, amène une dilatation de la pupille.

La courte racine du ganglion, venant du moteur oculaire commun, fournit des filets au sphincter de l'iris; la racine sympathique, les filets dilatateurs de l'iris; la longue racine, les filets sensitifs de l'iris et de la cornée. Les filets ciliaires directs, venant du nasal et s'accolant aux nerfs ciliaires, iraient, d'après Cl. Bernard, à l'iris et à la conjonctive. Hensen et Vœlkers ont vu l'excitation directe des nerfs ciliaires amener une saillie de la face antérieure du cristallin.

F. Anastomoses. — Les anastomoses de l'ophthalmique avec les nerfs moteur oculaire commun et externe et avec le pathétique (?) fournissent probablement aux muscles innervés par ces nerfs la sensibilité musculaire. L'anastomose avec le plexus caverneux contient sans doute une partie des fibres vaso-motrices de l'ophthalmique.

2° *Nerf maxillaire supérieur.* (Fig. 237.)

A. Action sensitive. — Le nerf maxillaire supérieur fournit la sensibilité : 1° à la peau de la paupière inférieure, de la pommette, de l'aile du nez, de la lèvre supérieure; 2° à la muqueuse

(1) Balogh croit cependant avoir vu une dilatation de la pupille par la section du trijumeau avant le ganglion (lapin).

des régions nasale, pharyngienne, palatine, au sinus maxillai aux gencives, à la lèvre supérieure ; 3° à la dure-mère, au

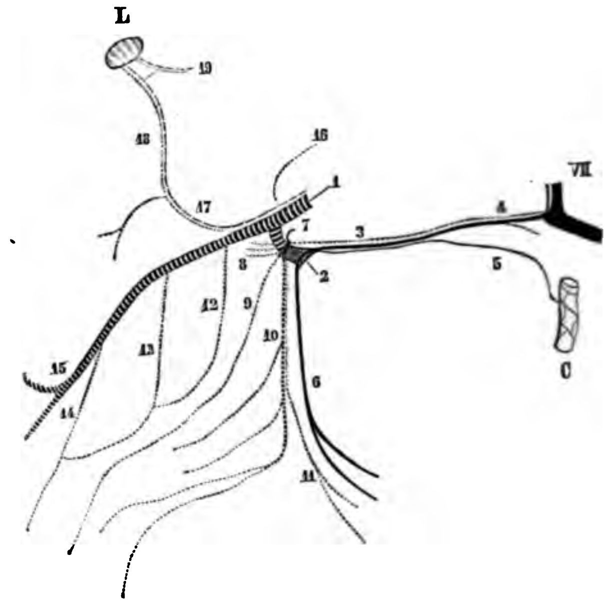


Fig. 237. — Nerf maxillaire supérieur. (Figure schématique.)

rioste et aux os correspondant à sa distribution ; 4° aux dents la mâchoire supérieure ; 5° à une partie des muscles animés le nerf facial.

B. ACTION SÉCRÉTOIRE. — Il fournit des filets aux gland nasales et palatines et probablement aux glandes du voile palais. Par sa branche temporo-malaire, il donne un filet à glande lacrymale. Herzenstein et Vœlkers ont vu chez le lap le chien et le mouton, l'excitation directe du nerf temporo-laire produire la sécrétion lacrymale, mais en moins gran quantité que l'excitation du nerf lacrymal lui-même.

Fig. 237. — 1, nerf maxillaire supérieur. — 2, ganglion de Meckel. — 3, nerf [illegible] — 4, grand pétreux superficiel. — 5, filet carotidien du nerf vidien. — 6, nerf palatin [illegible] rieur. — 7, nerf du muscle lisse orbitaire. — 8, nerfs sphéno-palatins. — 9, nerf [illegible] 10, grand nerf palatin. — 11, petit nerf palatin. — 12, nerf alvéolaire postérieur. — 13, [illegible] alvéolaire moyen. — 14, nerf alvéolaire antérieur. — 15, nerf sous-orbitaire. — 16, [illegible] récurrente. — 17, nerf temporo-malaire. — 18, nerf lacrymal. — 19, nerf lacrymal [illegible] l'ophthalmique. — VII, nerf facial. — C, artère carotide et plexus carotidien. — L, [illegible] lacrymale.

L'excitation des filets sensitifs (nasaux surtout) de la branche axillaire supérieure amène, par action réflexe, un écoulement ondant de larmes du côté correspondant.

C. Action vaso-motrice. — Ce nerf fournit les fibres vaso-otrices qui accompagnent les artères des fosses nasales, mais s fibres proviennent probablement en partie du grand sympaique.

D. Action nutritive ou trophique. — Comme du côté du lobe oculaire, la section du trijumeau est suivie de lésions de utrition des fosses nasales; la muqueuse devient fongueuse, uge, saignante, et la fosse nasale correspondante sécrète une lus grande quantité de mucus. La cause de ces troubles de nution a été moins étudiée que pour les phénomènes oculaires t présente encore plus d'obscurité.

E. Action sur l'odorat. — Le trijumeau contribue à la conservation et à la perfection de l'odorat. Il agit de deux façons : en maintenant par ses fibres trophiques (ou vaso-motrices) intégrité de structure et la vascularité convenable de la muueuse; 2° en influençant, par ses fibres glandulaires, les sécréons nasales et par suite l'humidité de la muqueuse. On a vu lus haut (voir : *Nerf olfactif*) le rôle que Magendie a voulu lui aire jouer dans l'olfaction.

F. Action excito-réflexe. — L'excitation, et surtout l'excitation mécanique des branches du voile du palais, produit, par ction réflexe, des mouvements de déglutition. Ces mouvements isparaissent après la section du trijumeau. (Prévost et Waller.)

G. Ganglion sphéno-palatin. — L'extirpation du ganglion phéno-palatin (arrachement) n'a pas donné de résultats trèsécis à Cl. Bernard; il n'a rien observé après son ablation, ni côté de l'œil, ni du côté des narines, sauf un écoulement séux comme dans le coryza, chez un chien auquel il avait arraché s ganglions des deux côtés. Prévost a fait récemment une série recherches sur ce ganglion chez des chats, des chiens et des pins, et est arrivé aux conclusions suivantes : Son extirpation est pas douloureuse et n'est suivie d'aucune altération de nuition ni de modifications dans la vascularité de la muqueuse sale dont la sensibilité est intacte; l'odorat n'est pas affecté, plus que le goût. La galvanisation du ganglion (chien) proun écoulement de mucus par la narine du même côté et augmentation de température, phénomènes qui ne se pro-

duisent pas par l'excitation du bout supérieur du ganglion sym pathique cervical.

Le ganglion de Meckel (*fig.* 237, 2) reçoit ses racines sensitiv du tronc même du maxillaire supérieur, sa racine motrice facial (voir : *Facial*) par le grand nerf pétreux superficiel (4) et nerf vidien (3), sa racine sympathique du plexus carotidien p le grand nerf pétreux profond (5) et le nerf vidien.

Le ganglion de Meckel fournit des filets sensitifs et des fil moteurs. Les filets *sensitifs*, sphéno-palatins, pharyngien, nas palatin et grand et petit nerf palatin, fournissent la sensibil aux muqueuses nasale et palatine. Les nerfs sphéno-palatins palatins proviennent du tronc du maxillaire supérieur et ne fo que traverser le ganglion; le nerf naso-palatin, au contrair proviendrait des cellules nerveuses du ganglion. Cl. Bernard trouvé le nerf naso-palatin insensible et a vu chez un chien sensibilité de la muqueuse nasale persister après la section d deux nerfs naso-palatins. En outre, le ganglion fournit très-pr bablement des filets sensitifs au facial par le nerf vidien e grand pétreux superficiel (voir : *Facial*); cependant Prévost a pas vu de dégénérescence dans les filets du nerf après l'extirp tion du ganglion.

Les filets *moteurs* proviennent du facial et se rendent, par l nerf palatin postérieur (6), aux muscles péristaphylin interne palato-staphylin. Le ganglion fournit aussi un petit filet au musc lisse orbitaire de H. Muller, filet qui, d'après Prévost, irait plutô aux vaisseaux qu'aux fibres musculaires.

II. Anastomoses. — Abstraction faite des anastomoses de ses filets périphériques, avec les branches du facial principalement, le nerf maxillaire supérieur a les anastomoses suivantes : 1° un anastomose avec le facial par le nerf vidien et le grand pétreux superficiel; il reçoit du facial les filets moteurs du voile du palais lui fournit (probablement) des filets sensitifs; 2° une anastomose avec le plexus carotidien par le nerf vidien et le grand pétreux profond; elle paraît être composée de fibres vaso-motrices

3° *Nerf maxillaire inférieur.* (Fig. 238.)

A. Action sensitive. — Le nerf maxillaire inférieur (branche inférieure du ganglion de Gasser) fournit la sensibilité : l'à

[redacted]

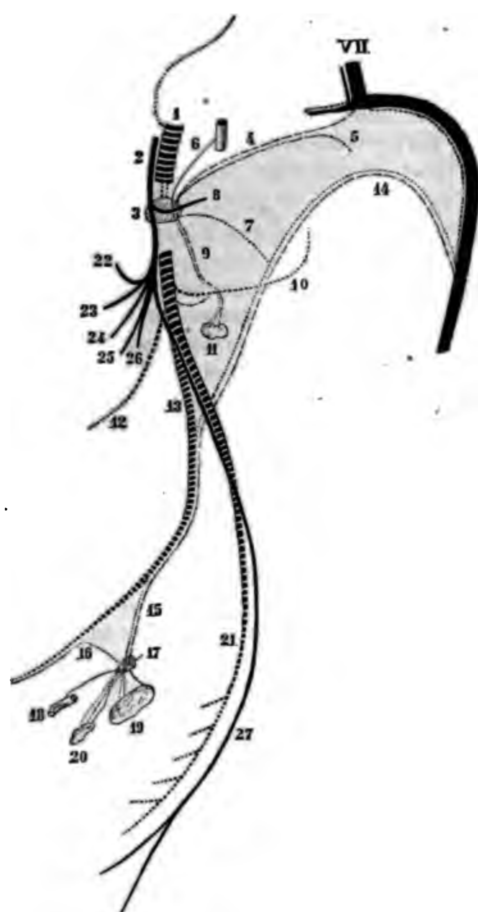


Fig. 238. — Nerf maxillaire inférieur. (Figure schématique.)

238. — 1, nerf maxillaire inférieur (sa racine sensitive fournit un filet récurrent). ine motrice. — 3, ganglion otique. — 4, petit pétreux superficiel. — 5, son anastoec le nerf de Jacobson. — 6, sa racine sympathique venant de l'artère méningée . — 7, son anastomose avec la corde du tympan. — 8, nerf du muscle du marteau. on anastomose avec l'auriculo-temporal. — 10, nerf auriculo-temporal. — 11, raarotidiens. — 12, nerf buccal. — 13, nerf lingual. — 14, corde du tympan. — 15, de la corde et du lingual au ganglion sous-maxillaire. — 16, rameaux périphériques ui allent au ganglion. — 17, ganglion sous-maxillaire. — 18, artère faciale et rameau ique allant au ganglion. — 19, glande sous-maxillaire. — 20, glande sublinguale. — dentaire inférieur. — 22, nerfs temporaux. — 23, nerf massétérin. — 24, nerf du dien externe. — 25, nerf du ptérygoïdien interne. — 26, nerf du péristaphylin ex- 27, nerf mylo-hyoïdien. — VII, nerf facial.

peau des joues, des lèvres, du menton, de la partie antérieure du pavillon de l'oreille et du conduit auditif interne; 2° à l muqueuse des joues, des lèvres, du plancher buccal, des gencives, de la partie antérieure de la langue, à la muqueuse d tympan (une partie seulement) et des cellules mastoïdiennes 3° à la dure-mère, au maxillaire inférieur, au temporal et à leu périoste; 4° aux dents de la mâchoire inférieure; 5° à l'articu lation temporo-maxillaire; 6° aux muscles correspondants (sen sibilité musculaire).

B. Action sur le gout. — Le nerf glosso-pharyngien n'e pas le nerf exclusif du goût; le lingual ne fournit pas seulemen la sensibilité tactile à la partie antérieure de la langue, il l fournit encore la sensibilité gustative. La section du lingual pratiquée plusieurs fois chez l'homme, abolit le goût (pour le saveurs sucrées surtout) dans la partie antérieure de la langue

D'où viennent ces fibres gustatives du lingual? Proviennent-elles d trijumeau ou de l'anastomose de la corde du tympan? Les opinions son partagées sur cette question. Lussana, pour prouver que ces fibres n viennent pas du trijumeau, cite plusieurs cas de paralysie complète d ce nerf avec perte de sensibilité tactile à la partie antérieure de la langu et conservation du goût; mais ces observations n'ont pas été suivie d'autopsies et il est difficile de savoir exactement quelles pouvaient êtr les lésions existantes. Eckhard a, du reste, mentionné des cas contraires, quoique trop peu précis. L'expérimentation seule pouvait résoudre la question; malheureusement elle n'a donné que des résultats contradic- toires. Tandis que, d'après Inzani, l'excision du nerf lingual avant sa réunion à la corde du tympan n'enlève en rien la sensibilité gustative, Schiff a cru constater un affaiblissement, et Prévost a vu, dans plusieurs cas, la sensibilité gustative qui persistait encore, quoique affaiblie, après la section des deux glosso-pharyngiens et des deux cordes du tympan, être abolie complétement après la section des linguaux. En tout cas, il est très-probable qu'une partie au moins des fibres gustatives du lingual provient de la corde du tympan. Cependant la section de la corde a donné des résultats différents, suivant les expérimentateurs, et en général peu précis; si les uns ont observé, à la suite de la destruction des deux cordes du tympan dans la cavité tympanique, la perte complète du goût dans la partie antérieure de la langue, d'autres, et Prévost en particu- lier, n'ont observé, sauf dans un cas, qu'un affaiblissement du goût et ne lui reconnaissent qu'un rôle accessoire. L'excitation de la corde n'a pas donné de résultats plus certains. L'irritation mécanique avec un pinceau (Trœltsch) ou par injection d'un liquide dans la trompe, la faradisation (Duchenne) ne produisent qu'un picotement ou un fourmillement dans

la pointe de la langue et de la salivation, mais pas de sensibilité gustative. Du reste, les expérimentateurs ne sont même pas d'accord sur la sensibilité de la corde; les uns la trouvent sensible (Morganti), les autres insensible (Eckhard) aux excitations directes (voir : *Facial*).

Schiff fait suivre aux fibres gustatives un trajet beaucoup plus compliqué, puisqu'il les fait passer par le ganglion sphéno-palatin ; d'après lui, les filets gustatifs de la partie antérieure de la langue quittent l'encéphale avec les racines du trijumeau, suivent le tronc du maxillaire supérieur, traversent le ganglion sphéno-palatin, vont par le nerf vidien et le grand nerf pétreux au ganglion géniculé du facial, descendent avec le tronc du facial et gagnent la corde du tympan pour aller se distribuer avec le nerf lingual; une autre partie va directement du ganglion sphéno-palatin au maxillaire inférieur (Schiff : *Leçons sur la physiologie de la digestion*, 1868, t. Ier, p. 125); mais cette opinion est peu acceptable en présence de ce fait bien constaté que l'extirpation du ganglion sphéno-palatin est sans influence sur le goût. (Alcook, Prévost.)

C. Action sur l'audition. — Le maxillaire inférieur n'a qu'une action très-indirecte sur l'audition par les filets sensitifs, glandulaires et musculaires qu'il fournit aux organes auditifs.

D. Action sécrétoire. — 1° *Sécrétion parotidienne.* — L'excitation du bout périphérique du nerf auriculo-temporal excite la sécrétion parotidienne (Cl. Bernard, Schiff); sa section arrête cette sécrétion; le nerf auriculo-temporal est donc le nerf glandulaire de la parotide.

D'où viennent les filets glandulaires qu'il contient? Ils ne proviennent pas, comme on le croyait, du trijumeau. En effet, l'excitation intra-crânienne du trijumeau n'a aucune action sur la salivation parotidienne, et si Rahn, en touchant le ganglion de Gasser avec l'acide nitrique, a obtenu cette sécrétion, c'est que le liquide atteignait le petit pétreux superficiel placé au-dessous de lui; quant aux cas de salivation par le canal de Sténon dans les névralgies du trijumeau, leur interprétation est trop difficile pour qu'on puisse en conclure quelque chose de précis. Ces fibres glandulaires proviennent évidemment du facial. En effet, malgré l'assertion contraire de Schrœder, l'excitation intra-crânienne du facial produit la salivation parotidienne (Czermack, Nawrocki); on a observé [illegible]livations abondantes dans les paralysies du facial.

[illegible] quelle voie ces fibres glandulaires passent-elles du facial dans [illegible]ulo-temporal? C'est surtout à Cl. Bernard qu'on doit l'élucidation [illegible] fait. Si on coupe le nerf facial à sa sortie du trou stylo-mastoï[illegible] et qu'on excite le bout central, la salivation parotidienne se pro[illegible] elle ne se produit pas si on excite le bout périphérique; ces fibres [illegible]tachent donc du nerf avant sa sortie du trou stylo-mastoïdien;

elles ne passent donc pas dans la corde du tympan, car la sectio corde dans la caisse n'empêche pas la salivation parotidienne produire ; ce n'est pas non plus le grand nerf pétreux superfi l'extirpation du ganglion de Meckel ne l'empêche pas non plu reste plus comme voie, à ces fibres glandulaires, que le petit n treux superficiel (*fig.* 238, 4) qui s'anastomose avec le ganglio culé du facial et va au ganglion otique ; en effet, l'extirpation d glion otique (Schiff, Cl. Bernard), ou la section du petit nerf p superficiel (Schiff) arrêtent la salivation. Pour Schiff, il y aurai arrêt de l'excrétion que de la sécrétion salivaire.

2° *Sécrétion de la glande sous-maxillaire* (voir : Gl *sous-maxillaire*).

3° *Sécrétion de la glande sublinguale.* — Cette séc comme celle de la glande sous-maxillaire, est sous l'inf de la corde du tympan.

Quant aux sécrétions des autres glandes muqueuses de l gue, des joues ou du plancher buccal, elles doivent êtr l'influence des branches du maxillaire inférieur sans qu'on affirmer que ces fibres sécrétoires proviennent de la cor tympan. Les branches terminales du lingual présentent, s dans le voisinage des petites glandes et de leurs conduits teurs, de petits ganglions microscopiques (Remak) qui son bablement en rapport avec la sécrétion.

E. Action vaso-motrice. — Le trijumeau fournit une des filets vaso-moteurs qui accompagnent les artères de la buccale. La dilatation des vaisseaux de la partie antérieure langue et la rougeur qu'on observe par l'excitation du bo riphérique du lingual sont dues aux fibres vaso-dilatatrice lui fournit la corde du tympan (voir ce nerf).

F. Action trophique. — L'action trophique des branch maxillaire inférieur est encore douteuse ; chez le lapin, ch quel l'accroissement des dents est continuel, la section du taire inférieur n'empêche pas les dents de repousser ; cepe cette section est suivie d'altérations de nutrition de la lang des lèvres ; la muqueuse est rouge, gonflée et présente au de peu de temps des ulcérations. On a admis, comme pour que ces lésions étaient dues à des pressions mécaniques su parties devenues insensibles par la section. La question encore de nouvelles recherches.

G. Action motrice. — La petite racine ou racine motr

umeau (*fig.* 238, 2) se distribue aux muscles qui meuvent la choire inférieure, ou, d'une façon plus générale, à tous les scles qui interviennent dans la mastication, sauf les muscles a langue et des joues ; d'où le nom de nerf *masticateur*. Il erve le temporal, le masséter, les deux ptérygoïdiens, le ventre érieur du digastrique, le mylo-hyoïdien et le péristaphylin erne, comme le prouvent sa distribution anatomique, sa sec- t et son excitation directe. Il ne pourrait y avoir de doute pour le péristaphylin externe; mais Hein a vu des contions dans le voile du palais par l'excitation de la petite ine du trijumeau. Il commande donc les mouvements suits : élévation, abaissement, diduction de la mâchoire infére, tension du plancher buccal, tension du voile du palais. nerf buccal n'innerve pas le muscle buccinateur qu'il ne que traverser et dont les filets moteurs viennent du facial; citation du nerf buccal ne produit de contractions ni dans biculaire ni dans le buccinateur.

La petite racine innerve en outre le muscle interne du marteau tenseur du tympan par un filet qui traverse le ganglion otique. litzer et Ludwig ont obtenu des contractions de ce muscle par citation intra-crânienne du trijumeau.

Après la section de la cinquième paire des deux côtés, la mâchoire te pendante et l'animal ne peut plus ni mâcher ni avaler. Quand la tion a été faite d'un seul côté, la mâchoire est déviée et attirée du é sain ; les dents supérieures et inférieures ne se correspondent s, et chez les animaux chez lesquels l'accroissement des incisives continu, comme le lapin, au bout de quelques jours les dents préteat un bord libre oblique dû à l'accroissement plus grand de l'inive supérieure du côté opéré et de l'incisive inférieure du côté sain.

II. Ganglion otique (*fig.* 238, 3). — D'après Arnold, le ganon otique recevrait trois espèces de racines. La racine *motrice* courte racine viendrait de la partie motrice du maxillaire érieur, ou, suivant Hyrtl, du nerf du ptérygoïdien interne au ment de son passage au travers du ganglion, ce qui revient siologiquement au même. Longet, au contraire, fait provenir te racine motrice du facial par le petit nerf pétreux superfiel ; mais cette dernière opinion est peu admissible si l'on réchit que tous les filets moteurs fournis par le ganglion otique rfs du péristaphylin externe et du muscle du marteau) pro-



viennent en réalité de la racine
sensitive vient du glosso-phary
petit pétreux profond externe
Hyrtl et Rudinger la font prov
ganglion de Gasser. La racine s
entoure l'artère méningée moy
en outre, par le petit pétreux s
laires parotidiens qui provienn

Le ganglion otique fournit :
par l'anastomose avec l'auric
petit pétreux superficiel et le r
muqueuse de la caisse du tymp
tidiens venant du facial et allar
ral; 3° des filets moteurs, n
nerf du muscle interne du ma
avec la corde du tympan, do
connu.

I. Ganglion sous-maxillair
— Ce ganglion fournit les fil
maxillaire. Arnold et Longet,
mique et aux autres ganglions
racines, une racine *motrice* pr
tympan, une racine *sensitive* fo
une racine *sympathique* fourni
tère faciale; mais il est difficil
En réalité, le ganglion reçoit le

1° Des filets provenant de la
facial. En effet, le facial tient
salivaire de la glande sous-max
et de la sublinguale. Après la s
corde du tympan dégénérées s
racines du ganglion (Vulpian);
facial produit la salivation sou
la corde produit le même effet
salivation réflexe produite par
guale (Cl. Bernard). L'excitatio
l'ont prouvé surtout les recher
seulement une augmentation d
dite *salive de la corde*, a des
Heidenhain, la corde contiendr

[redacted]

ctement sur les cellules glandulaires (fibres sécrétoires); sous ifluence d'une excitation prolongée, ces cellules se vident de r contenu, mais sans disparaître, comme le croit Heidenhain, ir fournir le produit de sécrétion (Ranvier).

La corde du tympan agit en outre sur les vaisseaux de la nde ; son excitation amène leur dilatation; elle contiendrait nc, outre les fibres glandulaires, des fibres vaso-dilatatrices. r ces deux ordres de fibres la corde est en antagonisme avec filets sympathiques de la glande.

2° Les filets sympathiques qui viennent du plexus qui entoure tère faciale ont aussi une action sur la sécrétion sous-maxilre, action prouvée par l'expérimentation. L'excitation du grand npathique cervical amène une production de salive, *salive npathique*, qui a des caractères différents de ceux de la salive la corde, et présente surtout beaucoup plus de mucus; aussi idenhain admet-il dans les filets sympathiques une très-faible antité de fibres glandulaires proprement dites et une prédonance de fibres mucipares. La racine sympathique contient ssi des fibres vasculaires, mais ces fibres sont des nerfs vasooteurs dont l'excitation produit la constriction des vaisseaux et i sont par conséquent antagonistes des fibres vasculaires de corde. (Cl. Bernard.)

3° Les filets sensitifs du ganglion sous-maxillaire proviennent lingual; d'après Bidder, ils seraient de deux ordres : les uns ndraient du bout central du lingual et fourniraient la sensibité à la glande ; les autres viendraient du bout périphérique du gual (racine périphérique) et n'offrent pas de dégénérescence rès la section du lingual; cette racine périphérique servirait, près Bidder, à transmettre au ganglion sous-maxillaire les citations de la muqueuse linguale, et par suite déterminerait salivation sans l'intermédiaire d'un centre réflexe cérébronal.

La question de savoir si le ganglion sous-maxillaire peut agir comme ntre réflexe, indépendamment des centres nerveux cérébro-spinaux, sente une très-grande importance au point de vue de la physiologie érale. L'expérience suivante, due à Cl. Bernard, tendrait à faire mettre cette opinion : on fait la section du lingual au-dessus et auous du ganglion sous-maxillaire (en respectant les branches qui t du tympanico-lingual au ganglion), et ensuite celle du sympaque; si alors on excite le bout périphérique du tronçon nerveux

(courant d'induction, pincement, sel marin), on voit la salivation se produire, quoique toute connexion soit détruite entre les centres nerveux et le ganglion; le même effet se produit, mais plus difficilement, si on excite la muqueuse linguale (éther, courants d'induction) après avoir coupé le nerf tympanico-lingual au-dessus du ganglion; cette salivation cesse immédiatement quand on coupe le lingual entre la langue et le ganglion; la salivation ne se produit pas par les excitations gustatives; ce centre ganglionnaire serait surtout en rapport, d'après Cl. Bernard, avec l'état de sécheresse ou d'humidité de la muqueuse buccale. Schiff, qui a attaqué cette expérience, prétend qu'il y a là une erreur d'observation dont il croit avoir déterminé les conditions anatomiques et physiologiques. (*Leçons sur la digestion*. t. Ier, page 282 et suivantes.)

Bibliographie. — MAGENDIE : *De l'Influence de la 5e paire sur la nutrition* (Journal de physiologie, 1824.) — G. MEISSNER : *Ueber die nach der Durchschneidung des Trigeminus am Auge des Kaninchens eintretende Ernährungsstörung* (Zeitschrift für rationelle Medicin, vol. 29. — J. L. PRÉVOST : *Recherches sur le ganglion spheno-palatin*, et *Nouvelles Expériences relatives aux fonctions gustatives du nerf lingual*. (Archives de physiologie, 1868 et 1873.) — F. NAWROCKI : *Die Innervation der Parotis*; *Stud. des physiol. Instituts zu Breslau*, t. IV.

f. — Nerf moteur oculaire externe. (Fig. 235, VI.)

Procédés. — A. *Section intra-crânienne.* — 1° *Sans ouverture du crâne.* Même procédé que pour la section intra-crânienne du trijumeau qui doit être coupé préalablement; une fois celui-ci coupé, le tranchant de l'instrument est porté en dedans et en bas : ce procédé réussit rarement. — 2° *Après ouverture du crâne.* Rien de particulier. — B. *Section dans la cavité orbitaire.* Glisser un bistouri le long de la paroi externe de l'orbite.

Le nerf moteur oculaire externe est un nerf essentiellement moteur; il innerve le droit externe. Sa galvanisation dans le crâne produit une déviation de l'œil en dehors. Longet a constaté qu'il était insensible à son origine, et la sensibilité récurrente admise par Cl. Bernard, n'a pas été vérifiée expérimentalement. Après sa paralysie, l'œil est dans le strabisme divergent; il y a de la diplopie et les images doubles sont *homonymes*.

g. — Nerf facial. (Fig. 239.)

Procédés. — 1° *Section intra-crânienne (lapin).* Incision de la peau en arrière de l'oreille externe; on enfonce un neurotome dans la fosse

ienne, on traverse le lobe postérieur du cervelet et on dirige nent en dedans et en avant vers le conduit auditif interne; blesser le sinus transverse, le cervelet et les parties latérales de Varole. — 2° *Section extra-crânienne* (*lapin*). L'animal est ır le dos, la tête tournée de côté et maintenue solidement; on ı peau horizontalement au-dessous du bord inférieur du conduit externe osseux qui se sent à travers la peau; on sectionne la ı pour arriver sur le facial, qu'on coupe ou qu'on arrache à ɛ du trou stylo-mastoïdien. Dans l'arrachement (procédé de ıard), on peut avoir la conservation du nerf de Wrisberg et du ı géniculé. — 3° *Section dans la caisse* (*Cl. Bernard*). On pé-irectement dans la caisse, par sa paroi inférieure, avec un petit on dirige la pointe de l'instrument en haut et en arrière en la marcher transversalement et eu appuyant fortement sur l'os, on ɛ facial à son troisième coude, quand il s'infléchit en bas vers le ylo-mastoïdien.

CTION MOTRICE. — Le facial innerve les muscles suivants: *ıs muscles peauciers de la face et du cou*, c'est-à-dire les s épicrâniens (occipito-frontal et auriculaire), ceux de ɛ palpébral (orbiculaire et sourcilier), le muscle de , les muscles des lèvres (grand et petit zygomatique, ır superficiel et profond, canin, risorius de Santorini, ılaire, carré, houppe du menton, orbiculaire, buccina-es muscles du nez (transverse, myrtiforme et dilatateur de u nez), le peaucier du cou. Ch. Bell croyait à tort le buc-ır innervé par le filet buccal du trijumeau.

ses fibres motrices le facial commande :

mouvements d'expression de la face, sa physionomie; sa paralysie, ces mouvements sont abolis, et la moitié ıée, devenue immobile, suit passivement les mouvements ıoitié intacte; aussi les traits paraissent-ils déviés vers le in. La section pratiquée pour la première fois par Ch. Bell ne (1821), et répétée par Schaw sur le singe, a donné les résultats. D'après Cl. Bernard, chez le lapin et le chien, ts paraissent déviés du côté paralysé;

:lusion des paupières et le clignement; l'œil du côté para-ar suite de l'action persistante du releveur, est plus ou-ıe celui du côté sain, et ne peut se fermer complétement; ıement étant devenu impossible, les larmes ne sont plus uniformément au-devant de la cornée, ce qui amène fraction irrégulière des rayons lumineux; en outre, les

poussières et les corps étrangers restant en contact avec la cornée, celle-ci peut s'enflammer, fait très-rare du reste, les muscles de l'œil faisant glisser le globe oculaire contre la face profonde de la paupière supérieure. La paralysie du muscle de Horner produit le larmoiement, les larmes ne pénétrant plus aussi facilement dans les voies lacrymales ;

Les mouvements des lèvres et des joues ; aussi la mastication se trouve-t-elle très-gênée après la paralysie du facial; les lèvres et les joues ne pouvant plus, comme à l'état normal, ramener au fur et à mesure les parcelles alimentaires entre les arcades dentaires; l'action de souffler, le jeu des instruments à vent sont aussi empêchés chez l'homme; en outre, grâce à la flaccidité de la joue, le courant d'air peut la soulever à chaque expiration (ce qu'on appelle *fumer la pipe*). Chez les animaux, la section produit des résultats identiques, et ils ne peuvent plus, comme auparavant, saisir leurs aliments avec les lèvres;

Les mouvements des narines ; l'action de flairer devient impossible par la paralysie du dilatateur, et l'olfaction en est notablement affaiblie ; la section chez les animaux qui, comme le cheval, ne peuvent respirer par la bouche, est suivie de désordres fonctionnels plus graves ; la narine étant très-molle fait l'office de soupape, et en s'appliquant sur l'orifice antérieur des fosses nasales, ferme complétement le passage au courant d'air inspiré ; aussi les chevaux auxquels on pratique la section des deux nerfs faciaux meurent-ils asphyxiés.

Les mouvements du pavillon de l'oreille.

2° *Le ventre postérieur du digastrique et le stylo-hyoïdien.* Le facial intervient donc dans l'élévation de l'os hyoïde et de la base de la langue;

3° Il fournirait, d'après Sappey et L. Hirschfeld, quelques muscles de la langue, les *stylo-glosses* et *glosso-staphylins*. La présence de ce filet explique les cas de déviation de la pointe de la langue dans les paralysies et après la section du facial, déviation qui se fait du côté paralysé, et la difficulté qui se présente quelquefois chez le malade d'articuler nettement les gutturales et les linguales ;

4° Il innerve plusieurs muscles du voile du palais, spécialement le *péristaphylin interne* et le *palato-staphylin*, par des filets qui partent du coude du facial au niveau du ganglion géniculé et vont, par le grand nerf pétreux superficiel et le ganglion de

kel, aux nerfs palatins postérieurs (*fig.* 239, 7). D'après Lon-

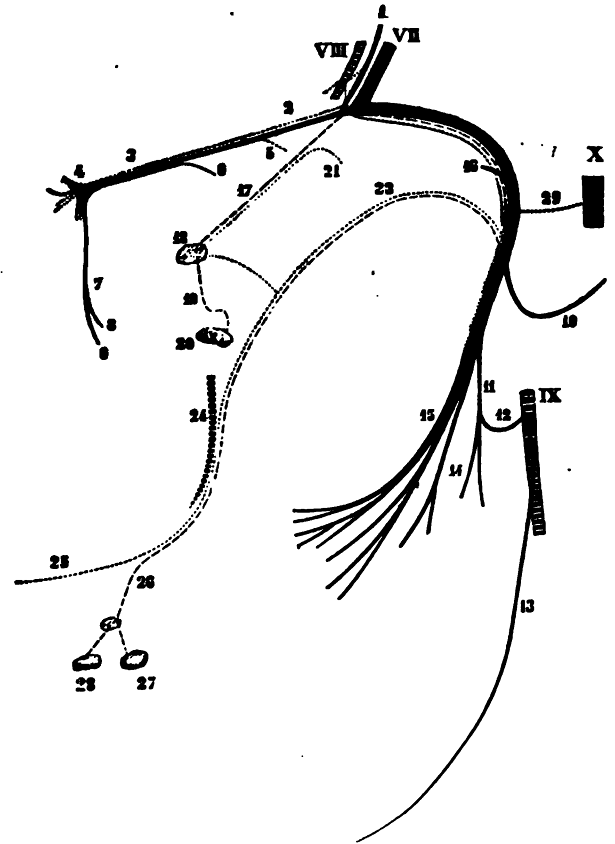


Fig. 239. — Nerf facial. (Figure schématique.)

g. 240. — VII, nerf facial. — VIII, nerf auditif. — IX, nerf glosso-pharyngien. — X, nerf mogastrique. — 1, nerf de Wrisberg. — 2, grand pétreux superficiel. — 3, nerf vidien. nglion de Meckel. — 5, anastomose du grand pétreux avec le nerf de Jacobson. — meau sympathique. — 7, nerf palatin postérieur. — 8, nerf du péristaphylin interne. nerf du palato-staphylin. — 10, rameau auriculaire. — 11, rameau du stylo-hyoïdien digastrique. — 12, anastomose avec le glosso-pharyngien. — 13, rameau du stylo-ngien. — 14, rameau du stylo-glosse et du glosso-staphylin. — 15, branches termi-. — 16, rameau du muscle de l'étrier. — 17, petit pétreux superficiel. — 18, ganglion . — 19, anastomose avec l'auriculo-temporal et filets parotidiens. — 20, parotide. — nastomose du nerf de Jacobson avec le petit pétreux. — 22, anastomose du ganglion avec la corde du tympan. — 23, corde du tympan. — 24, nerf lingual. — 25, filets tifs de la corde du tympan. — 26, filets glandulaires. — 27, glande sous-maxillaire. — ande sublinguale. — 29, anastomose avec le pneumogastrique.

get, il innerverait aussi les autres muscles du voile du palais, sauf le péristaphylin externe ; mais il est douteux qu'il fournisse aux muscles des piliers.

L'action du facial sur le voile du palais a été très-controversée. Son excitation intra-crânienne n'a donné que des résultats négatifs à Chauveau, Longet, Volkmann et Hein ; Debrou n'a obtenu qu'une fois sur cinq des résultats positifs ; cependant Nuhn a vu, sur un décapité, l'excitation galvanique du tronc du facial amener des mouvements dans le voile du palais, et Davaine a constaté le même fait chez les animaux. Les paralysies du facial témoignent en faveur de cette opinion ; la luette est alors fréquemment déviée du côté non paralysé (Montault, Diday, Longet, etc.) et conjointement on observe une chute du voile du palais avec courbure de la luette (Romberg), d'où gêne de la déglutition et nasonnement dû à ce que le voile du palais ne ferme plus hermétiquement l'orifice postérieur des fosses nasales. Cette déviation de la luette n'existe pas quand le siége de la paralysie se trouve au-dessus du ganglion géniculé.

5° *Le muscle de l'étrier et les muscles du pavillon* ; l'incertitude dans laquelle on est encore sur l'action du muscle de l'étrier ne permet guère d'expliquer les altérations de l'ouïe observées dans quelques cas de paralysie faciale (sensibilité plus grande de l'ouïe, surdité, etc.).

B. Action sensitive. — Le facial est insensible à son origine ; Magendie et Cl. Bernard l'ont constaté d'une façon indubitable. Certains auteurs, Wrisberg, Bischoff, etc., se basant sur la présence du ganglion géniculé, ont considéré le facial comme un nerf mixte dont le nerf de Wrisberg constituerait la racine sensitive ; mais, d'une part, Cl Bernard a constaté l'insensibilité du nerf de Wrisberg, et dans les paralysies centrales du facial il n'y a aucune perte de sensibilité dans les régions innervées par le facial.

Le facial est cependant sensible après sa sortie du trou stylo-mastoïdien ; mais cette sensibilité est une sensibilité acquise dans son trajet à travers le canal de Fallope. Elle lui vient probablement de deux sources : 1° du trijumeau par le grand nerf pétreux superficiel ; Longet a constaté l'insensibilité du facial au-dessous du trou stylo-mastoïdien après la section intra-crânienne du trijumeau; 2° du pneumo-gastrique par le rameau auriculaire, comme l'indique une remarquable expérience de Cl. Bernard ; il sectionne le facial au-dessous de son anastomose avec

pneumogastrique et constate la sensibilité des deux bouts du nerf; il coupe alors le rameau auriculaire et voit que la sensibilité a disparu dans le bout central; il est difficile cependant de faire concorder ce fait avec l'expérience de Longet, car le bout central devrait avoir encore un reste de sensibilité dû au trijumeau.

Après sa sortie du trou stylo-mastoïdien, le facial contracte des anastomoses avec l'auriculo-temporal, et, par ses branches terminales, avec les branches périphériques du trijumeau. C'est à ces anastomoses avec le trijumeau que serait due la sensibilité récurrente constatée par Cl. Bernard sur les rameaux du facial; si on coupe un de ces rameaux, le bout périphérique est sensible et cette sensibilité disparaît quand on coupe le trijumeau; elle est facile à constater chez le chien, obscure chez le cheval et le lapin.

C. Action gustative. — On a vu, à propos du maxillaire inférieur, que la corde du tympan fournit des fibres gustatives au lingual (page 916). L'origine réelle de ces fibres est encore douteuse. D'après Lussana, elles viendraient du facial par le ganglion géniculé et le nerf de Wrisberg, et il cite à l'appui plusieurs cas de paralysie faciale avec abolition du goût dans le côté correspondant de la pointe de la langue; mais le siége de la lésion était dans l'aqueduc de Fallope, et il n'y a pas, sauf peut-être un cas de Steiner, de cas bien constaté de paralysie centrale du facial avec abolition du goût. D'autre part, la section du facial dans le crâne n'a donné que des résultats douteux à Cl. Bernard et à d'autres expérimentateurs. D'après Cl. Bernard, l'action gustative de la corde serait en réalité une action motrice; elle agirait immédiatement sur le goût en amenant une sorte d'érection des papilles linguales qui favoriserait leur fonctionnement.

D. Action sécrétoire. — Le nerf facial tient sous sa dépendance la sécrétion des trois glandes salivaires, parotide, sous-maxillaire et sublinguale (voir : *Trijumeau*). Les fibres parotidiennes (*fig.* 239, 17) se détachent du facial au niveau du ganglion géniculé, passent par le petit pétreux superficiel, traversent le ganglion otique, se jettent dans l'anastomose du ganglion otique avec l'auriculo-temporal, et arrivent à la parotide avec les filets de ce dernier nerf. Les fibres sous-maxillaires et sublinguales (26) passent dans la corde du tympan et arrivent ainsi au nerf lingual et au ganglion sous-maxillaire.

E. Action vaso-motrice. — Cl. Bernard a vu la section i crânienne du facial être suivie d'un abaissement de tempér (abaissement dû peut-être aux désordres mêmes de l'opéra sa section dans le canal de Fallope était au contraire suivie élévation de température. (Voir : *Corde du tympan.*)

F. Ganglion géniculé et nerf de Wrisberg — La nat les fonctions du nerf de Wrisberg sont encore peu con Wrisberg, Bischoff, Cusco, le considéraient comme la r sensitive du nerf facial dont le ganglion géniculé constitue ganglion. On a vu plus haut les raisons qui s'opposent à opinion. Longet, qui l'appelle *nerf moteur tympanique*, le destiné à fournir le nerf du muscle de l'étrier et le musc terne du marteau (par le petit nerf pétreux superficiel); m dernier nerf est fourni par le trijumeau. Cl. Bernard le re comme une racine d'origine du grand sympathique qui fo rait aux nerfs pétreux et à la corde du tympan; il agirait s muqueuses et les glandes; il serait le nerf des mouven organiques, le facial étant le nerf des mouvements de rela Il est probable, en effet, que ce nerf fournit les filets glandul du petit pétreux superficiel et de la corde, et peut-être, comm croit Lussana, les filets gustatifs du lingual.

G. Anastomoses. — 1° *A. du facial et de l'acoustique.* C anastomose a lieu principalement par le nerf de Wrisberg. usage est inconnu.

2° *Grand pétreux superficiel.* Il fournit au ganglion de Mec les filets moteurs qui, après avoir traversé ce ganglion, vont nerver les muscles palato-staphylin et péristaphylin interne. C probablement aussi par cette voie qu'arrive au facial une pa des filets venant du trijumeau qui donnent au facial sa sensibil acquise.

3° *Petit pétreux superficiel.* Il porte au ganglion otique l filets glandulaires qui vont de ce ganglion à l'auriculo-temp et de là à la parotide.

4° *Corde du tympan.* La corde serait sensible d'après quelq auteurs (Bonnafont, Duchenne), très-peu sensible au contrai d'après Vulpian. Ce nerf, très-complexe et très-curieux, con plusieurs espèces de fibres : 1° des fibres glandulaires qu rendent aux glandes sous-maxillaires et sublinguales; 2° d fibres gustatives qui vont avec le lingual à la pointe de l langue; 3° des fibres motrices qui accompagnent le lingual et q

[redacted]

recherches de Vulpian, n'entreraient en action qu'après de l'hypoglosse; 4° des fibres vaso-dilatatrices dont amène la dilatation des vaisseaux de la glande sous- (Cl. Bernard) et des vaisseaux de la moitié correspon- langue (Vulpian); 5° des fibres centripètes dont l'exci- duit, par action réflexe, un écoulement de salive laire (Vulpian).

au auriculaire du pneumogastrique. Il amène proba- facial des filets sensitifs venant du pneumogastrique iit sa sensibilité acquise.

ec le glosso-pharyngien (voir : *Glosso-pharyngien*).

hie. — B. GADECHENS : *Nervi facialis physiologia et pathologia*, 1832. D : *Sur les Fonctions du nerf facial.* (Journal des Conn. médicales, 1834- LPIAN : *Recherches sur la corde du tympan.* (Archives de physiologie aédicale de Paris, 1878.)

h. — Nerf auditif.

les filets du nerf auditif autres que les filets purement encore très-obscur.

observa le premier sur les pigeons des phénomènes très- ès la lésion des canaux demi-circulaires. La section du ntal déterminait chez l'animal un mouvement de la tête de che et de gauche à droite; celle du canal vertical un mou- aaut en bas et de bas en haut; la destruction de ces canaux vertige (mouvements de manège, etc.), et l'animal ne pou- rer son équilibre; pour produire ces résultats, les lésions rter sur les parties membraneuses des conduits demi-circu- expériences de Flourens ont été confirmées par Brown- lpian, Harless, Czermack, etc., et d'après Brown-Sequard la ierf auditif serait suivie des mêmes résultats.

station de ces phénomènes est très-difficile. Pour Brown- phénomènes observés sont des phénomènes réflexes dus n de fibres sensibles contenues dans l'acoustique. Lowen- aussi à une action réflexe. Goltz suppose que les canaux aires sont des organes sensitifs qui donnent à l'animal la position de la tête et de son équilibre. Chaque conduit a direction correspondante à une des dimensions de l'espace, is de ces conduits ne permettant plus à l'animal de juger on normale de sa tête et, par suite, de celle de son corps ce, déterminent le vertige. Des phénomènes analogues se

produisent quand, sans léser ces conduits, on fixe la tête soit
suture, soit par un bandage dans une position anormale (Cyon).
avait déjà, du reste, observé des troubles de l'équilibre après la
des muscles de la nuque, troubles qui avaient été attribués pa
ques auteurs, et Magendie en particulier, à l'écoulement du
céphalo-rachidien. La destruction pathologique des canaux de
laires chez l'homme s'accompagne aussi de vertige et de p
l'équilibre (maladie de Ménière). A. Böttcher a cherché à prou
cemment que les phénomènes observés étaient dus uniquem
lésion des parties voisines des centres nerveux.

Bibliographie. — Flourens : *Recherches expérimentales sur les propri fonctions du système nerveux.* Paris, 1842. — Fr. Goltz : *Ueber die phy Bedeutung der Bogengänge.* (Archives de Pflüger, cinquième année.)

i. — Glosso-pharyngien. (Figure 240.)

Procédés. — *Section des glosso-pharyngiens* (*Prévost*). —
de la région hyoïdienne sur la ligne médiane ; récliner en d
nerf grand hypoglosse sur lequel on arrive après une courte dis
on sent alors l'apophyse mastoïde qui se trouve au fond d'u
triangulaire limitée en dehors par l'hypoglosse, en dedans par
tilage thyroïde, en haut par la corne de l'os hyoïde ; le nerf co
l'apophyse jusqu'à laquelle on doit le suivre. Le procédé pe
chez le chien, le chat, le lapin, le rat.

A. Action sensitive. — Le nerf glosso-pharyngien e
sible dès son origine, malgré les affirmations contraires
nizza. Il fournit la sensibilité : 1° à la muqueuse de la
postérieure de la langue, du V lingual et des piliers ; il
probablement les filets sensitifs du plexus pharyngien ;
muqueuse de la caisse du tympan, des fenêtres ronde et
des cellules mastoïdiennes et de la trompe jusqu'à son
pharyngien (conjointement avec le trijumeau).

B. Action excito-réflexe. — Il est en outre, par se
centripètes (identiques ou non avec ses fibres sensibles et
tives), le point de départ de réflexes et spécialement de la
et du vomissement ; Volkmann a constaté que, après sa sect
partie postérieure de la langue, les piliers et le pharynx
perdu la propriété de déterminer ces réflexes, propriété qu
pas abolie par la section du trijumeau. Il a aussi sur les m
ments de déglutition une influence, moins marquée cep

[redacted]

;elle du trijumeau et du pneumogastrique; Waller et Pré-
ont vu ces mouvements se produire par l'excitation de son

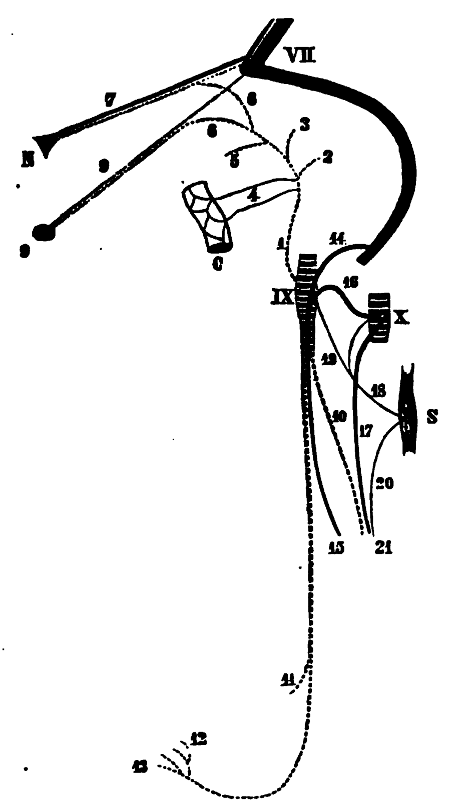
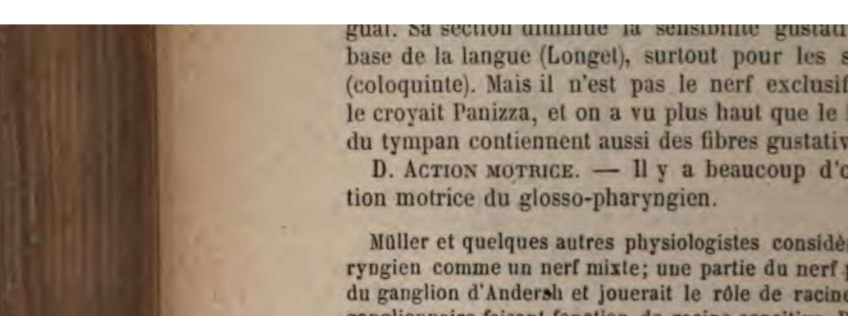


Fig. 240. — Nerf glosso-pharyngien. (Figure schématique.)

———

g. 240. — VII, facial. — IX, glosso-pharyngien et ganglion d'Andersh. — X, pneumo-
ique. — S, ganglion cervical supérieur. — C, carotide et plexus carotidien. — N, gan-
i de Meckel. — O, ganglion otique. — 1, nerf de Jacobson. — 2, rameau de la fenêtre
t. — 3, rameau de la fenêtre ovale. — 4, rameaux carotidiens. — 5, rameau de la trompe
tache. — 6, anastomose avec le grand pétreux superficiel. — 7, grand pétreux superficiel.
, anastomose du nerf de Jacobson avec le petit pétreux superficiel, 9. — 10, rameau
ngien. — 11, rameau lingual. — 12, rameaux tonsillaires. — 13, rameaux terminaux.
, anastomose du facial avec le ganglion d'Andersh. — 15, rameau du stylopharyngien. —
anastomose avec le pneumogastrique. — 17, rameau pharyngien du pneumogastrique. —
ameau jugulaire du ganglion cervical supérieur. — 19, rameau fourni au ganglion d'Andersh
e ganglion cervical supérieur. — 20, rameau pharyngien du ganglion cervical supérieur.



gual. Sa section diminue la sensibilité gustati
base de la langue (Longet), surtout pour les s
(coloquinte). Mais il n'est pas le nerf exclusif
le croyait Panizza, et on a vu plus haut que le
du tympan contiennent aussi des fibres gustativ

D. Action motrice. — Il y a beaucoup d'
tion motrice du glosso-pharyngien.

Müller et quelques autres physiologistes considè
ryngien comme un nerf mixte; une partie du nerf
du ganglion d'Andersh et jouerait le rôle de racine
ganglionnaire faisant fonction de racine sensitive. D
est moteur dès son origine; par l'excitation de ses
contractions dans les muscles du pharynx (partie a
tricteur supérieur), et probablement aussi dans une
du voile du palais; Volkmann et Klein en ont vu dan
gien, Volkmann dans le constricteur supérieur. Mai
n'ont pu être obtenues par la plupart des expérimen
Longet et la plupart des physiologistes, le nerf est
gine et n'acquiert ses propriétés motrices que pa
avec le facial et peut-être avec le pneumogastrique
ce cas, les filets qu'il donne au stylo-hyoïdien, ve
digastrique, stylo-glosse et glosso-staphylin, provie
du facial et des filets des constricteurs du pneum
coupe le nerf à sa sortie du trou déchiré postérieu
du bout périphérique ne produit pas de contraction
palais; celle du bout central, au contraire, produi
réflexes. Si on coupe le tronc du facial avant son e
duit auditif interne et qu'on excite le glosso-pha
côté, on n'a plus de contractions dans le voile, m

[redacted]

le par l'excitation du pneumogastrique, il faudrait peut-être en
iclure que si le glosso-pharyngien fournit des filets moteurs, ce ne
it peut-être que ceux des piliers du voile et peut-être du constric-
ır supérieur.

Magendie avait cru constater une gêne de la déglutition après la sec-
n des glosso-pharyngiens, mais, d'après Longet, il aurait coupé le
t pharyngien du spinal au lieu du glosso-pharyngien ; en effet, cette
ne ne se montre pas habituellement après la section du nerf. (Pa-
za, Reid.)

E. Action vaso-dilatatrice. — Vulpian a constaté récem-
nt, par l'excitation du bout périphérique du glosso-pharyn-
n, une dilatation des vaisseaux de la base de la langue du
té correspondant.

F. Anastomoses. — 1° *Nerf de Jacobson.* — Ce nerf représente
ec ses branches une sorte de plexus, plexus tympanique, dans
quel existent des fibres provenant du ganglion d'Andersh, du
ial, du trijumeau et du plexus carotidien, et on peut considé-
comme certain, même anatomiquement, eu égard au volume
s fibres qui le composent, qu'une partie seulement de ses filets
rveux fournit à la caisse et aux organes ambiants, et que la
s grande partie peut-être ne fait que traverser la caisse sans
épuiser en passant d'un tronc nerveux dans l'autre. Le nerf
Jacobson contient aussi des cellules ganglionnaires.

2° *An. avec le rameau stylo-hyoïdien du facial.* — Cette anas-
mose paraît fournir la plupart des fibres motrices du glosso-
aryngien, et en particulier, d'après Longet et Rudinger, celles
i vont au muscle stylo-pharyngien.

3° *An. avec le pneumogastrique.* — Elle se fait par une anas-
mose directe entre le tronc du pneumogastrique et le ganglion
Andersh, et par le rameau auriculaire du pneumogastrique, et
ntient probablement des filets moteurs venant du pneumo-
strique et allant au voile du palais et au pharynx, et peut-être
ssi des filets sensitifs.

4° *An. du ganglion d'Andersh avec le ganglion cervical supé-
rieur.* — Rôle inconnu.

j. — Nerf pneumogastrique. (Figure 241.)

Procédés. — A. Excitation. 1° *E. intra-crânienne.* — 2° *E. extra-
crânienne.* Mise à nu du nerf dans les diverses parties de son trajet.—



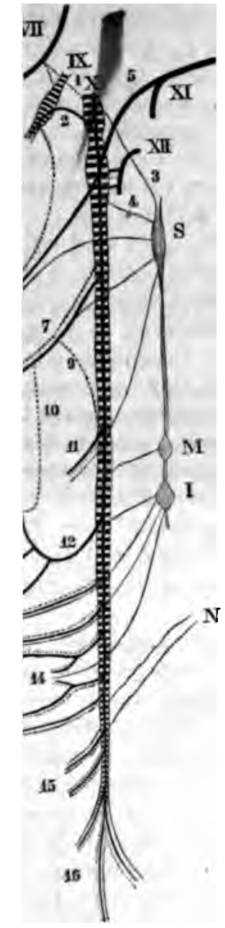
3° *E. simultanée des deux pneu*
bifurque et chacune de ses bifur
ques, de sorte qu'à chaque excitat
couru par un courant d'égale d
Nervensystem, p. 194.)

B. Section du pneumogastriqu
aussi pour la section du sympathi
pneumogastrique, de l'anse desce
ture de la carotide primitive et d
fixée, on fait une incision sur la li
trachée; on la met à découvert; e
mastoïdien recouvert par la vei
deux organes en dehors, et on
recouvert par le fascia qu'on incis
dehors, le nerf entre les deux. On
pathique et le rameau cardiaque
poglosse se trouve en avant. Ch
accolé au grand sympathique et se
nerf laryngé supérieur. La sect
peu plus haut. — 3° *S. du nerf*
externe de la trachée, où il est f
l'œsophage. Il accompagne ordinai
du pneumogastrique au niveau d
abdominale; on va ensuite à la
rieure de l'œsophage.

A. Action sensitive du pn
dans l'intérieur du crâne a été
il a fourni le laryngé supérieu
bilité devient très-obtuse et qu
nerf récurrent est à peu près
fournit la sensibilité :

1° *A toute la muqueuse des*
et les replis ary-épiglottiques
bronchiques. La sensibilité de
ni comme quantité, ni comme
de l'arbre aérien. Au-dessus de
est exquise, mais d'un caractè
contact avec cette muqueuse,
ques corps volatils, détermin
pénible et des efforts de toux
traire, la sensibilité est très-ob

[redacted]



— Nerf pneumogastrique.
igure schématique.)

la trachée et les bronches, on peut piquer, pincer, brûler la muqueuse sur l'animal vivant sans déterminer de manifestation de douleur.

2° *Au cœur :* si on touche avec un acide le sinus veineux de la grenouille, il se produit des convulsions réflexes de tout le corps; le phénomène n'a plus lieu après la section des pneumogastriques (Goltz). K. Gurboki a observé les mêmes faits chez le lapin.

3° *A une partie du tube digestif,* base de la langue, voile du palais, pharynx, œsophage, estomac et peut-être duodénum et intestin grêle.

4° *Aux muscles* auxquels il se distribue.

5° *A la muqueuse des voies biliaires.*

6° On lui attribue enfin un rôle dans plusieurs sensations internes, ainsi la faim, la soif, le besoin de respirer. Mais les expériences de Sédillot, Cl. Bernard, Longet et d'autres physiologistes ont prouvé qu'aucun de ces besoins n'est aboli après la section des pneumogastriques.

B. Action motrice. — La question de savoir si le pneumogastrique est aussi moteur à son origine a été très-discutée. Longet le regarde comme exclusivement sensitif et

— VII, nerf facial. — IX, glosso-pharyngien. — X, pneumogastrique. — XI, spinal. osse. — S, ganglion cervical supérieur. — M, ganglion cervical moyen. — cervical inférieur. — N, nerfs splanchniques. — 1, anastomose avec le facial. — se avec le glosso-pharyngien. — 3, anastomose avec le ganglion cervical supé- anastomose avec le ganglion plexiforme. — 5, branche interne du spinal. — 6, plexus — 7, nerf laryngé supérieur. — 8, nerf laryngé externe. — 9, nerf dépresseur. — ose de Galien. — 11, nerf cardiaque, — 12, nerf récurrent. — 13, filets œsopha- , plexus pulmonaires. — 15, plexus stomacal. — 16, rameaux terminaux.

croit que tous ses filets moteurs lui viennent des anastomoses qu'il contracte avec d'autres nerfs et en particulier avec le spinal. Cependant il est difficile d'admettre cette opinion en présence des résultats positifs obtenus par Chauveau, Cl. Bernard, Eckhard et d'autres physiologistes ; l'excitation *mécanique* de ses racines amène des contractions dans les muscles constricteurs du pharynx, l'œsophage et quelques muscles du voile du palais.

Les filets moteurs du pneumogastrique innervent :

1° *Les parties suivantes du tube digestif :* quelques muscles du voile du palais, azygos, péristaphylin interne et pharyngo-staphylin ; les muscles constricteurs supérieur, moyen et inférieur du pharynx (Volkmann et van Kempen), et, d'après Chauveau, tous les muscles du pharynx ; l'œsophage (Chauveau) ; l'estomac (Chauveau, Stilling, Bischoff, A. Mosso) ; suivant Longet, cette action motrice ne se produirait que quand l'estomac est plein d'aliments ; V. Braam-Houckgeest a constaté des contractions de l'estomac par l'excitation du bout périphérique du pneumogastrique ; d'après Waller, ces contractions ne se produisent plus après l'arrachement du spinal. Pour Chauveau, l'action motrice du pneumogastrique s'arrête au pylore ; cependant, V. Braam-Houckgeest a obtenu aussi des contractions de l'intestin grêle.

2° Les *muscles du larynx* ; le pneumogastrique innerve 1° par le laryngé externe, le muscle crico-thyroïdien ; la section de ce filet nerveux est suivie d'une raucité de la voix, raucité due à la laxité des cordes vocales ; en effet, si, avec une pince, on rapproche le cartilage cricoïde du thyroïde, la raucité disparaît (Longet) ; ce filet viendrait du pneumogastrique ; l'irritation intra-crânienne de ce nerf produit des contractions dans le muscle (Chauveau) ; 2° par le nerf récurrent, qui vient du spinal, il innerve tous les autres muscles du larynx (voir *Spinal*). Après sa section, il y a aphonie complète (Sédillot, Magendie, Longet), ce qui s'explique par la paralysie des constricteurs et des tenseurs de la glotte ; quelquefois, au contraire, les animaux peuvent encore pousser des cris aigus (Sédillot) ; d'après Longet, cette persistance des cris ne se montre que chez les jeunes sujets et tient à ce que les crico-thyroïdiens, dont l'action est conservée, suffisent pour tendre les cordes vocales, et que, grâce à la conformation particulière de la glotte presque exclusivement membraneuse, le rapprochement des cordes vocales peut encore se

e assez bien pour que le son se produise (voir aussi : *Action pneumogastrique sur la respiration*). Les fibres musculaires récurrent paraissent provenir en totalité du spinal; cependant nveau a vu, dans quelques cas, l'excitation intra-crânienne pneumogastrique amener aussi des contractions dans le crico-énoïdien postérieur, et Volkmann en a constaté dans les o-aryténoïdiens postérieur et latéral ; ce dernier auteur a vu mouvements respiratoires du larynx continuer après la sec-ı du spinal des deux côtés (voir *Spinal*).

° Les *muscles lisses des bronches* ; la contractilité pulmo-e a été mise hors de doute par les expériences de Williams et Bert (p. 565).

il a constaté sur des chats, des chiens et des lapins, des contrac-s des cloisons musculaires de la rate dont la surface devenait cha-ée par l'excitation du bout périphérique du pneumogastrique; efontaine n'a vu, au contraire, de contractions que par l'excitation out central. Les contractions de l'utérus admises par Kilian sous ême influence sont très-douteuses et n'ont pu être constatées par gelberg. Stilling croit avoir vu des contractions de la vessie par itation des racines du pneumogastrique; Œhl les admet aussi les chiens.

Action du pneumogastrique sur le cœur (*fig.* 247). — itation du tronc du pneumogastrique au cou produit, si ation est faible, une diminution du nombre des battements ur ; si elle est forte, un arrêt du cœur en diastole avec réplé-s cavités du cœur et surtout des oreillettes. La section de fs, au contraire, amène une accélération du pouls. Cette erte capitale est due à E. Weber (1845). Le ralentissement t du cœur ont lieu non-seulement par l'excitation galva-ıais par les excitants chimiques (sel marin) et mécani-anomoteur). Ce ralentissement se montre chez tous les chez lesquels il a été recherché, tant à sang froid qu'à ud, mais l'arrêt complet n'a pu être obtenu sur les vec la galvanisation, par Cl. Bernard. Einbrodt l'a ce-btenu sur des oies et des poulets, mais par les excita-niques. Chez l'homme, la compression de la carotide ıtérieur du sterno-mastoïdien est suivie d'un ralentis-cœur que Czermack attribue à une compression du trique ; Henle l'a constaté directement sur un décapité.

La compression des deux p
peut être suivie d'accidents très-

L'arrêt du cœur produit par la
dure 15 à 30 secondes environ (chi
même si on continue la galvanisat
très-vite pour cet appareil d'arrêt d
vite par le repos; si on excite lo
jusqu'à ce que les battements d
qu'on excite l'autre pneumogastriq
plus; mais si on attend une à deu
pareil modérateur, l'arrêt se produ
dant toute la durée de l'arrêt, le c
car, si on l'excite directement, il se
ment plus. D'après Legros et Onim
l'excitation du pneumogastrique es
courants interrompus, que le nor
est plus grand. Il faut 15 à 20 inte
le cœur d'un chien, 2 à 3 seuleme
durée de l'excitation latente (inter
et l'arrêt du cœur) est de 1/5e de
constants; Legros et Onimus l'on
pour les animaux à sang froid a
2 secondes chez les animaux à san
fois chez les animaux à sang froid

Cet arrêt du cœur ne peut être
c'est une action directe; en effet,
gastrique au cou, on excite le bou
résultat, plus prononcé même que

Moleschott et Schiff ont prétend
cœur ne se montraient que pour
ployant des excitations très-faibles
mum, on avait au contraire une ac
Ces faits, confirmés par quelques
pier, ont été niés par la plupart de
Pflüger, Brown-Sequard, etc., et
pneumogastrique comme un nerf
soudre la question, a cherché à fai
que le cœur était en repos; il arrê
et dit avoir vu dans ce cas des pul
quefois un caractère tétanique (
une seule fois, en répétant l'exp
du cœur.

L'accélération des battements du

:s est surtoût facile à constater chez les animaux à pouls
:squels on peut voir les battements doubler de fréquence.
n'est pas, du reste, aussi constante que celle qui suit l'ex-
nerfs ; aussi elle ne se produit pas chez les animaux à sang
uilles (Budge, A. Moreau), tortue, reptiles (Fasce et Abbate).
lu pneumogastrique droit sur le cœur paraît souvent plus
que celle du gauche (Masoin, Arloing et Tripier), fait que
xplique facilement, les rameaux cardiaques étant ordinai-
nombreux à droite qu'à gauche.
iogastrique n'agit pas seulement sur la fréquence des bat-
cœur, il agit encore sur la grandeur des pulsations ; ces
eviennent plus amples, de façon que, pour un temps donné,
i cœur resterait le même ; cependant, d'après Coats, elles
même temps plus faibles, de façon que le travail du cœur
; Nuel a constaté, chez la grenouille, en même temps que
:ment, un affaiblissement des contractions portant seulement
tte. L'influence sur la pression sanguine sera vue plus loin.
n de la moelle et des deux sympathiques au cou (accélèra-
ques) augmente l'excitabilité du pneumogastrique, et, dans
: excitation même très-faible produit l'arrêt du cœur. Il en
ème de tout ce qui empêche l'échange des gaz dans le sang
isky). L'atropine paralyse l'action cardiaque du pneumo-
andis que tous les nerfs moteurs sont encore intacts; la
duit le même effet, mais après une période d'excitation pas-
iuscarine, au contraire, excite le pneumogastrique et arrête
diastole.
bable que les fibres cardiaques du pneumogastrique abou-
ganglions du cœur et non directement aux fibres muscu-
ffet, après la section des deux pneumogastriques chez la
pneumogastriques qui contiennent toutes les fibres cardia-
:r a vu que toutes les fibres à double contour étaient dé-
indis que les globules nerveux des ganglions et les fibres
:oup plus nombreuses, qui en proviennent étaient saines.
iennent ces fibres cardiaques du pneumogastrique? Waller
premier, que si on arrache le spinal et qu'on attende quel-
pour laisser aux fibres qui viennent du spinal le temps de
l'excitation du pneumogastrique n'a plus d'action sur le
is que cette action se produit du côté où le spinal a été
, et Burckhardt a trouvé, après l'arrachement du spinal, toutes
irdiaques du pneumogastrique dégénérées. Cependant l'ar-
les deux spinaux qui devrait, dans ce cas, produire une accé-
cœur, comme la section même du pneumogastrique, n'a
des résultats contradictoires ; Heidenhain admet cette accé-
iis elle n'a pu être constatée par Schiff et Eckhard. Peut-être
seulement de ces fibres a-t-elle son origine dans le spinal.

[redacted]

. ACTION VASO-MOTRICE DIRECTE. — Cette action est encore -obscure.

ꞓ pneumogastrique paraît fournir, conjointement avec les nerfs nchniques, une petite partie des vaso-moteurs de l'intestin; après ection au cou, les vaisseaux de l'intestin sont plus remplis et la ɔérature de l'abdomen augmente temporairement, tandis que l'extion du bout périphérique du nerf rétrécit le calibre des artères). L'excitation du bout périphérique fait baisser la pression artéꞓ et diminue la vitesse du courant sanguin (R. Heidenhain); la secdes pneumogastriques fait hausser cette pression (V. Bezold); cette n est niée par Moleschott.

. ACTION EXCITO-RÉFLEXE DU PNEUMOGASTRIQUE. — Le pneuastrique agit par action réflexe sur les mouvements des organes stifs, sur la respiration, sur les sécrétions et sur la circuon.

' *Action réflexe sur les mouvements des organes digestifs. lction sur la déglutition.* — D'après Longet, les filets linux du pneumogastrique serviraient à transmettre aux centres reux l'impression qui provoque le réflexe de la déglutition; s cette action réflexe ne se produirait pas pour tous les excis; si on déposait, en passant par la trachée, des morceaux de ide ou de pain, insalivés ou non, dans l'intervalle des replis so-épiglottiques, il se produisait un mouvement de déglutii; si on touchait ces parties avec une pince, il ne s'en proait pas, mais il y avait des nausées et des efforts de vomisent; il y aurait donc une différence de réflexes suivant la érence de l'excitation. Bidder, puis Prévost et Waller, ont rvé des mouvements de déglutition par l'excitation électrique laryngé supérieur (bout central) et quelquefois par celle du rrent. Faut-il ranger dans ces actions réflexes les mouvets de l'estomac quand les aliments arrivent en contact avec uqueuse?

' *Action réflexe du pneumogastrique sur la respiration* — it de préciser le rôle du pneumogastrique dans la respirail est nécessaire de présenter d'abord les résultats de la ɔn et de l'excitation du nerf.

ction des pneumogastriques. — Après la section des deux pneustriques, on observe un ralentissement des mouvements respira-

toires; leur nombre peut diminuer de moitié et tomber même au quart du chiffre normal; les inspirations sont plus profondes, lentes, laborieuses, et l'intervalle entre deux mouvements respiratoires (pause expiratoire) s'allonge notablement (voir *fig.* 242). La rareté des respirations serait compensée par leur amplitude, de sorte que dans le même temps il entrerait autant d'air dans les poumons qu'avant la section (Rosenthal); ce n'est qu'au bout d'un certain temps qu'on observe un affaiblissement des échanges gazeux, une diminution dans l'exhalation d'acide carbonique et dans l'absorption d'oxygène. La dyspnée qui résulte de l'opération se révèle par la coloration plus foncée du sang et l'abaissement de température. D'après A. Moreau, ce ralentissement des respirations ne se remarquerait pas chez les animaux à sang froid comme la grenouille.

Les trois figures suivantes représentent la marche de la respiration, telle qu'elle m'a paru se présenter chez le lapin après la section des pneumogastriques, quand l'expérience se fait dans de bonnes condi- tions. Ces phénomènes ne me semblent pas avoir attiré jusqu'ici l'at- tention des physiologistes. Immédiatement après la section, la respira- tion s'arrête en expiration (*fig.* 242); puis, au bout de quelq

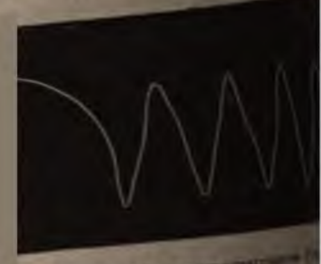


Fig. 242. — Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques (

secondes, une inspiration se fait et les respirations reprenn ces respirations présentent soit de suite, soit au bout de tr temps, un caractère particulier (*fig.* 243, p. 943); elles sont d' quentes, puis, peu après, la pause expiratoire s'allonge jusqu' revienne un arrêt en expiration, et ainsi de suite plusieurs qu'à ce qu'enfin, au bout d'un temps variable, il s'établisse respiratoire régulier (*fig.* 244, p. 944) analogue à celui qui par la plupart des physiologistes. Il ne peut entrer dans le c livre de chercher à donner une interprétation de ces faits.

Fig. 242. — Ce graphique ainsi que les suivants ont été pris par le procédé (Tube dans la trachée.) Le graphique se lit de droite à gauche; la ligne à l'inspiration, la ligne ascendante à l'expiration, le plateau à la pause e

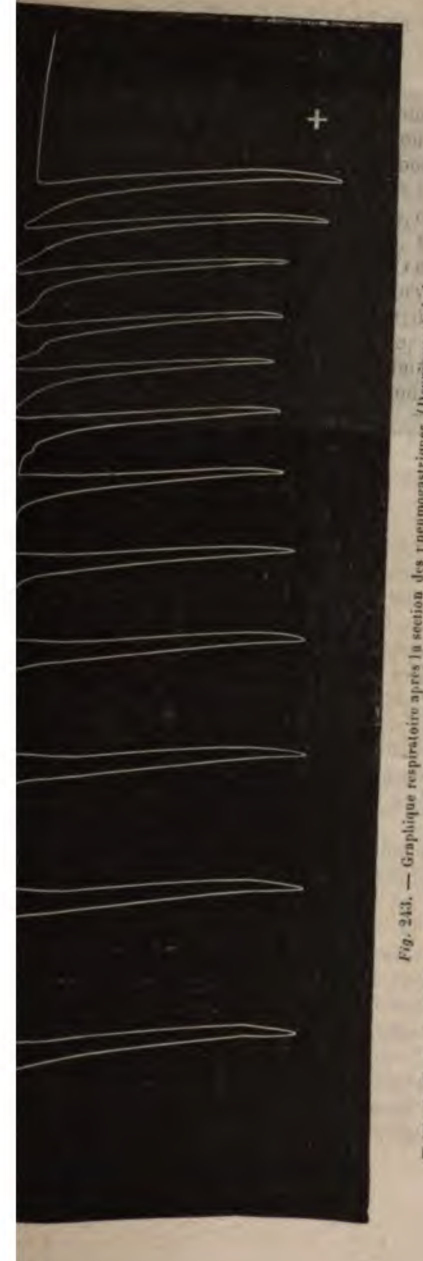


Fig. 243. — Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques. (Deuxième stade.)

Après la section des deux pneumogastriques, les animaux ne tardent pas à mourir; les jeunes (lapins et chiens), au bout d'un jour ou deux; les vieux, au bout de deux à six jours; cependant quelquefois, comme l'ont vu Sédillot, Cl. Bernard, et comme j'en ai observé un cas, la survie peut être plus longue; d'autres fois, au contraire, la mort est presque immédiate. A l'autopsie, on trouve des altérations pulmonaires sur lesquelles les auteurs sont loin d'être d'accord; les poumons sont congestionnés, emphysémateux, et offrent des noyaux d'hémorrhagie et d'hépatisation; les vaisseaux pulmonaires sont souvent remplis de caillots qui, s'ils sont formés dans la vie, comme le croit Mayer, pourraient produire un arrêt de la circulation pulmonaire. D'après Traube, ces altérations sont dues à la pénétration de matières alimentaires, de salives, de mucosités pharyngiennes dans les bronches; il est vrai qu'on en rencontre habituellement, mais il n'y a là qu'une condition accidentelle, car si on adapte un tube à la trachée pour empêcher cette pénétration, les altérations ne s'en produisent

pas moins (Cl. Bernard). Schiff admet une inflammation névro-paralytique par section des vaso-moteurs contenus dans le tronc des pneumogas-

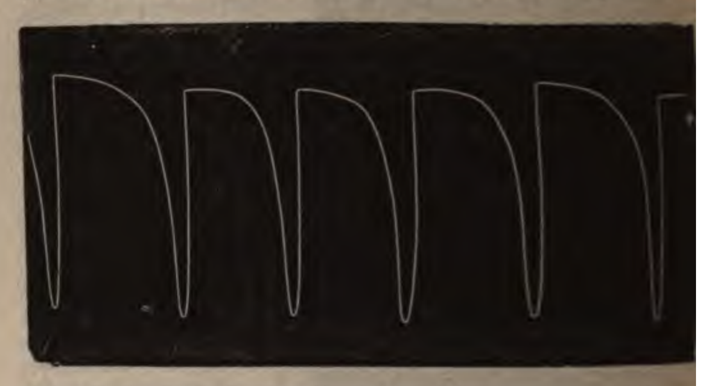


Fig. 244. — Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques. (Troisième cas.)

triques et A. Genzmer se rattache à cette opinion (hyperémie névro-paralytique). Longet fait intervenir la paralysie des fibres lisses des bronches qui aurait pour résultat une diminution de l'élasticité pulmonaire et l'expulsion incomplète des mucosités bronchiques; ce qui est certain, en effet, c'est qu'on trouve toujours une grande quantité d'écume bronchique. Une des conditions essentielles me paraît être la gêne de la circulation pulmonaire apportée par l'augmentation de durée de l'expiration et de la pause expiratoire ; on a vu plus haut (*page* 701) que dans l'expiration il y a une diminution notable de la circulation capillaire ; seulement cette condition n'est pas la seule et les autres causes de la mort ne sont pas encore précisées. En tout cas, il est bien prouvé, comme on le verra plus loin, que la mort ne tient pas à la section des récurrents.

La section d'un seul pneumogastrique n'est pas mortelle ; dans ce cas on observe, d'après Cl. Bernard, une diminution de la respiration du côté lésé.

Dans les phénomènes qui succèdent à la section des pneumogastriques, il est facile d'éliminer ce qui peut revenir au larynge supérieur en faisant la section au-dessous de ce nerf ; mais par contre il est presque impossible de faire la section des pneumogastriques au-dessous des récurrents ; aussi faut-il contrôler l'expérience par la section de ces deux nerfs.

La section double des récurrents paralyse tous les muscles du larynx sauf le crico-thyroïdien ; les dilatateurs de la glotte sont donc paralysés et il en résulte d'abord de la dyspnée, par suite du rétrécissement de

[redacted]

; les inspirations sont plus laborieuses, mais on n'observe pas ıes pauses expiratoires caractéristiques ; et même cette dyspnée clare que quand les animaux s'agitent ou sont effrayés : autre- peuvent vivre très-longtemps sans rien présenter de particu- oint de vue de la respiration. Ce n'est que chez les très-jeunes , les chats surtout, que la mort arrive très-vite par asphyxie, › chez eux, comme l'ont indiqué Legallois et Longet, la partie énoïdienne de la glotte est à peine formée et les lèvres de la resque entièrement membraneuses, font soupape et tendent à ır au lieu de s'ouvrir à chaque inspiration; chez les animaux au contraire, l'air passe par la glotte interaryténoïdienne tou- ante et résistante. Si l'on veut conserver quelque temps les nimaux après la section des récurrents, il faut avoir la pré- le pratiquer une fistule de la trachée.

ıtion du pneumogastrique. — La galvanisation du bout *péri-* ı est à peu près sans action sur la respiration. L'excitation du *utral* produit des résultats différents suivant que l'excitation .-dessus ou au-dessous de l'origine du laryngé supérieur.

l'excitation a lieu *au-dessous* de l'origine du laryngé inférieur, xcitation est faible, il y a simple accélération des mouvements ıires ; 2°, si l'excitation est forte, on obtient un véritable tétanos ıragme, tandis que les muscles expirateurs sont relâchés ; cet inspiration peut durer plus de trente secondes.

. l'excitation a lieu au-dessus de l'origine du laryngé supérieur, ı sur le nerf laryngé supérieur même : 1°, si l'excitation est ıs mouvements respiratoires se ralentissent ; 2°, si l'excitation ı, les muscles expirateurs se contractent tétaniquement, la ı ferme et le diaphragme est dans le relâchement ainsi que les ıuscles inspirateurs ; la respiration s'arrête en expiration.

·ès ces expériences, le pneumogastrique contiendrait donc ortes de fibres centripètes agissant sur la respiration par ·éflexe : 1° des fibres provenant du poumon (*filets pulmo-* dont l'activité excite le centre inspirateur et paralyse le ıxpirateur; 2° des fibres contenues dans le laryngé supé- *ilets laryngés*) dont l'activité excite le centre expirateur yse le centre inspirateur.

théorie, admise par Rosenthal, Traube, Eckhard et la plupart siologistes allemands, a été vivement combattue, principale- r Bert. D'après Bert, le point de départ du réflexe excitateur est nt; que l'excitation parte du poumon ou du larynx, le résultat ours le même ; si l'excitation est faible, il y a accélération des ents respiratoires ; si elle est forte, ils sont ralentis ; si elle est

très-forte, ils sont arrêtés. L'arrêt de la respiration peut se faire tantôt en inspiration, tantôt et plus souvent en expiration ; enfin, dans certains cas d'excitation très-forte de ces nerfs, il peut y avoir mort subite de l'animal en expérience. D'après mes expériences, les faits me paraissent s'accorder plutôt avec la théorie de Rosenthal.

Les rapports du laryngé supérieur avec le centre expirateur expliquent la toux qui se produit par l'excitation de la muqueuse du larynx; chez des animaux narcotisés, Waller et Prévost ont vu la toux se produire par l'excitation directe du tronc du laryngé supérieur. Le sang chargé d'acide carbonique paraît agir comme excitant sur les extrémités nerveuses des filets pulmonaires (inspirateurs), mais paraît sans action sur les filets laryngés (expirateurs).

3° *Action réflexe du pneumogastrique sur les sécrétions.* — Œhl, par l'excitation du bout central du pneumogastrique, a obtenu une augmentation de sécrétion sous-maxillaire ; cette action ne se produisait pas si l'on coupait préalablement la corde du tympan ; cependant le fait n'a pas été confirmé par Nawrocki. Bernstein a vu la même excitation arrêter la sécrétion pancréatique.

4° *Action réflexe vaso-motrice.* — Voir : *Rameau auriculaire* (anastomoses) et *Nerf dépresseur* (nerfs vasculaires).

F. Action sécrétoire directe du pneumogastrique. — 1° *Action sur la sécrétion du suc gastrique.* — Il y a de nombreuses dissidences sur ce sujet. Schiff, Eckhard nient toute influence de ce nerf sur la sécrétion ; cependant d'autres auteurs ont observé soit une diminution de quantité (Longet), attribuée par Bidder et Schmidt à la diminution de la sécrétion salivaire, soit une altération de qualité (alcalinité ; Cl. Bernard, Pincus). Ce qu'il y a de certain, c'est que la section des pneumogastriques produit tantôt des troubles digestifs, tantôt non. Pincus avait cru voir que la digestion stomacale était plus troublée si on coupait les pneumogastriques au-dessous du diaphragme que si on les coupait au cou ; mais Kitzler et Schiff n'ont pas rencontré ces différences chez les animaux qui survivaient. Cl. Bernard a cru voir qu'après la section des pneumogastriques, l'absorption par la muqueuse stomacale se faisait plus lentement, mais continuait cependant à se faire, contrairement aux assertions de Bouley.

2° *Action sur la sécrétion rénale.* — Cl. Bernard, après la section des pneumogastriques, a vu, chez le lapin, les urines alcalines devenir acides ; la galvanisation du nerf au cardia produ-

[redacted]

ussi une augmentation de sécrétion urinaire. Eckhard, au ire, n'a pu constater aucune action sur la sécrétion rénale.

ACTION SUR LE FOIE ET LA GLYCOGÉNIE. — La galvanisation eumogastrique augmente la quantité de sucre et de matière gène dans le foie et les fait apparaître dans l'urine ; sa sec- s fait disparaître du foie et on n'en trouve plus après la mort rnard). Cependant, ce qui indique que cette action du ogastrique sur la glycogénie hépatique n'est qu'indirecte, ue la section du nerf au-dessous du cœur et des poumons èche pas cette fonction de s'accomplir. Cl. Bernard a cons- ussi l'apparition de sucre dans l'urine par l'excitation du entral du nerf.

ANASTOMOSES. — 1° *Rameau auriculaire ou de la fosse aire.* — Cette branche, très-grosse chez le bœuf et le cheval, ès-sensible (Cl. Bernard) et sa section détermine une dou- rès-vive ; après cette section, le bout central du facial n'est ensible au pincement. Il se compose donc probablement ets sensitifs allant du pneumogastrique au facial ; d'après y, Valentin, il contiendrait encore des filets moteurs allant cial au pneumogastrique. Ce rameau auriculaire aurait une action vaso-motrice réflexe sur les vaisseaux en de le ; l'excitation du bout central produit d'abord un ré- sement, puis une dilatation des vaisseaux de l'oreille ; ce omène ne se montrerait plus après la section du grand athique au cou (Snellen).

A. avec le glossò-pharyngien (voir ce nerf).

A. du plexus gangliforme avec le spinal (voir ce nerf).

A. du plexus gangliforme avec le grand sympathique. — iit probablement des filets vaso-moteurs ou trophiques au nogastrique ; leur trajet ultérieur est indéterminé.

A. du plexus gangliforme avec l'hypoglosse (voir ce nerf).

A. de son rameau pharyngien avec le glosso-pharyngien. urnit probablement une partie des muscles du pharynx.

A. de ses rameaux terminaux avec le grand sympathique. exus pharyngien, cardiaque, pulmonaire, œsophagien, gas- e.

A. de Galien. — D'après Philipeaux et Vulpian, ces fibres it exclusivement du laryngé supérieur à l'inférieur et four- ent les filets sensitifs à la trachée et à l'œsophage. (Méthode aller.)

Bibliographie. — C. Sédillot : *Du Nerf pneumogastrique*, 1829. — V. Ki *Essai expérimental sur la nature fonctionnelle du pneumogastrique.* — Bro quard : *Effets de la section des nerfs vagues.* (Gazette médicale, 1851.) — Sc *Zur Phys. der sogenannten Hemmungsnerven*, dans : *Untersuch. zur Naturlehr* — J. Rosenthal : *Die Athembewegungen*, 1862. — A. Chauveau : *Du Ner mogastrique.* (Journal de physiologie, 1862.) — Arloing et Tripier : *Contri à la physiologie des nerfs vagues.* (Archives de physiologie, 1862.)

k. — Spinal. (Figure 245.)

Procédés. — 1° *Excitation intra-crânienne et intra-rachid.* Peut se faire sur une moitié de tête d'un animal décapité.

2° *Section.* — *Procédé de Bischoff.* On met à nu et on in membrane occipito-atloïdienne ; pour arriver sur toutes les raci faut enlever une partie de l'occipital ; mais on a alors beauc sang.

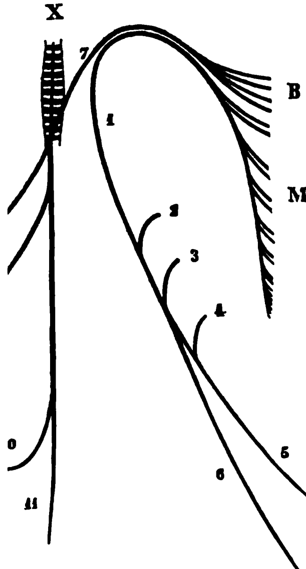
3° *Arrachement de Cl. Bernard.* — On met à découvert la b externe du spinal au moment où elle traverse le sterno-mastoï on s'en sert comme de guide pour arriver à la partie supérie nerf qu'on met à découvert jusqu'au trou déchiré postérieur : o alors avec des pinces à mors solides le nerf tout entier et on l'a par un mouvement de traction ferme et continu. Le procédé surtout bien chez le chat, le lapin, le chevreau ; il échoue ord ment chez le chien. On peut arracher isolément la branche inte la branche externe ; il faut, autant que possible, choisir de jeune maux. L'opération est douloureuse ; aussi faut-il fixer solidem tête de l'animal. Il peut y avoir écoulement de sang par la déc de la jugulaire interne accolée au spinal. Schiff a vu souvent un d intense persister pendant quelques heures après l'arrachement. H hain suit un procédé un peu différent pour arriver sur le spinal guide sur la grande corne de l'os hyoïde.

A. Action motrice. — Le spinal est un nerf exclusiv moteur et ses deux branches ont une distribution toute rente.

1° La *branche externe* ou médullaire, M, innerve le st mastoïdien et le trapèze, conjointement avec les branch plexus cervical ; aussi la section de la branche externe n'a elle pas les mouvements de ces deux muscles.

2° La *branche interne* ou bulbaire, B, se jette dans le g gangliforme du pneumogastrique et contribue à former les laryngés moteurs du récurrent ; elle innerve donc tou muscles du larynx, à l'exception du crico-thyroïdien (*Pneumogastrique*). L'excitation des racines bulbaires produ

ıctions dans les muscles du larynx, et après l'arrachement inal, la plus grande partie des fibres du récurrent sont dégénérées (Waller). D'après Burckhardt, après l'arrachement du spinal, le laryngé supérieur contiendrait aussi des fibres dégénérées, et l'excitation du laryngé supérieur ne produirait plus d'excitation dans les muscles crico-thyroïdiens.



5. — Nerf spinal. (Figure schématique.)

Elle fournit aussi des filets moteurs aux muscles du pharynx. Chauveau a vu son excitation amener des contractions, mais seulement dans la bandelette supérieure du constricteur supérieur. Pour Bendz et Longet, la plus grande partie des fibres motrices du plexus pharyngien viendrait du spinal, et, après l'arrachement du spinal. Burckhardt a trouvé oup de fibres dégénérées dans les rameaux pharyngiens eumogastrique. Waller croit que les fibres musculaires de ıac proviennent aussi du spinal.

rès Cl. Bernard, le spinal agirait non-seulement par sa branche inmais encore par sa branche externe, sur l'expiration forcée (dans ıation et dans l'effort). En effet, après l'arrachement du spinal, ıervé des phénomènes particuliers qu'on peut classer en deux s, suivant qu'ils se rattachent à la paralysie de l'une des deux es.

ɔur la branche interne, c'est l'aphonie et la gêne de la déglutiıais cette aphonie ne ressemblerait pas à celle qui se produit a section des récurrents; dans la paralysie du spinal, il y aurait

---

65. — B, racines bulbaires. — M, racines médullaires. — X, pneumogastrique. — ıe externe du spinal. — 2. Anastomose avec le deuxième nerf cervical. — 3, anasvec le troisième. — 4, anastomose avec le quatrième. — 5, branche du trapèze. — e du sterno-mastoïdien. — 7, racine interne. — 8, nerf pharyngien. — 9, nerf xterne (?) — 10, nerf récurrent. — 11, nerfs cardiaques.

une dilatation persistante de la glotte, et les cordes vocales pourraient se rapprocher, mais sans se tendre; dans la paralysie du pneumogastrique, la glotte serait rétrécie et ne pourrait se dilater. La gêne de la déglutition existant après l'arrachement du spinal ne se remarque pas à l'état normal; elle ne se fait sentir que si on dérange brusquement l'animal au moment où il mange; dans ce cas, les aliments passent dans la trachée; c'est que les muscles pharyngiens ont une double action, d'abord de pousser les aliments dans l'œsophage, ensuite de fermer le larynx, car l'occlusion de la glotte se fait encore chez les chiens après l'excision de tous les nerfs laryngés et de l'épiglotte; ces deux actions sont sous deux influences nerveuses distinctes, et après l'ablation du spinal, le pharynx ne conserve plus que les mouvements qui poussent le bol alimentaire dans l'œsophage. Cette branche interne agit donc, non sur la respiration simple, mais sur la respiration en tant qu'elle est liée à la phonation et à l'effort; le spinal est le nerf de l'expiration forcée volontaire, spécialement de l'expiration vocale; le pneumogastrique est le nerf de la respiration simple, organique.

2° *Pour la branche externe*, Cl. Bernard a constaté, après son arrachement, la brièveté de l'expiration, de l'essoufflement, surtout si on faisait courir l'animal, et de l'irrégularité dans la démarche. Là encore Cl. Bernard distingue la fonction respiratoire de la fonction vocale et musculaire volontaire. L'émission du son vocal nécessite une certaine durée de l'expiration pendant laquelle le son doit se soutenir; l'expiration doit être graduée; il en est de même dans l'effort modéré; les sterno-mastoïdiens et le trapèze maintiennent le thorax dilaté et s'opposent à l'expiration en la maintenant dans les limites voulues. Après la section de la branche externe, cette influence n'existe plus, et son absence se révèle par l'essoufflement dans les efforts et l'impossibilité de soutenir le son vocal.

En résumé, *dans la phonation*, le spinal agit, par sa branche interne, sur la glotte, organe producteur du son, en la rétrécissant et en tendant les cordes vocales; par sa branche externe, sur le porte-vent ou le thorax, en réglant la quantité d'air expiré pendant l'émission du son. *Dans l'effort*, il agit, par sa branche interne, en fermant plus ou moins complètement la glotte, par sa branche externe, en maintenant le thorax immobile, en antagonisme avec les expirateurs.

Cette théorie de Cl. Bernard sur les actions antagonistes du pneumogastrique et du spinal a été combattue de plusieurs côtés et en particulier par Longet, au traité duquel je renvoie pour la discussion des faits.

B. Action sensitive. — Le spinal est sensible dans sa partie extra-crânienne; le pincement du bout central détermine de la douleur; cette sensibilité est due probablement à son anasto-

[redacted]

mose avec le pneumogastrique ou avec les racines postérieures des nerfs cervicaux. Dans sa partie intra-rachidienne, il aurait la sensibilité récurrente, qu'il devrait, d'après Cl. Bernard, à ses anastomoses avec les racines postérieures cervicales.

C. Anastomoses. — 1° *A. avec les racines postérieures cervicales.* — Elles donnent probablement la sensibilité au spinal.

2° *A. avec le pneumogastrique.* — Voir ci-dessus et *Pneumogastrique.*

3° *A. avec les nerfs cervicaux.* — Ces filets assurent la double innervation du sterno-mastoïdien et du trapèze.

Bibliographie. — Bischoff ; *Nervi accessorii willisii physiologia*, 1832. — C. Morganti : *Sopra il nervo detto l'accessorio di Willis*, 1843.

1. — Grand hypoglosse. (Figure 246.)

Procédés. — 1° *Excitation intra-crânienne de ses racines.* — Se fait sur une moitié de tête d'un animal décapité. — 2° *Section* (lapin). — Inciser la peau sur la ligne médiane du cou, chercher la pointe de la grande corne de l'os hyoïde ; en dehors d'elle se trouve la carotide externe qui émet l'artère linguale; au-dessus de cette artère, qui longe la grande corne, se trouve le nerf hypoglosse.

A. Action motrice. — L'hypoglosse est un nerf exclusivement moteur à son origine. Il innerve tous les muscles de la langue, le génio-hyoïdien et le thyro-hyoïdien. Sa section abolit les mouvements volontaires de la langue (par exemple l'action de laper chez le chien) et rend la déglutition très-difficile ; mais les mouvements communiqués de la langue sont encore possibles par l'action des muscles voisins. Sa galvanisation produit des secousses convulsives dans la langue. Il est douteux qu'il innerve les muscles sous-hyoïdiens par son anse descendante ; d'après Volkmann, l'excitation des racines de l'hypoglosse ne détermine dans ces muscles que des contractions très-faibles, et encore exceptionnellement ; leur pricipale et peut-être leur seule source d'innervation viendrait alors du plexus cervical.

B. Action sensitive. — L'hypoglosse est insensible à son origine ; cependant C. Mayer et Vulpian ont constaté chez les animaux et, dans trois cas, chez l'homme la présence d'un ganglion sur une de ses racines. Au-dessus de l'os hyoïde, sa sensibilité est très-nette ; elle est due à ses anastomoses avec les nerfs

cervicaux et peut-être avec le pneumogastrique. D'après Cl. B nard, il aurait aussi la sensibilité récurrente qui lui viendrait d cinquième paire.

C. Action vaso-motrice et trophique. — Les filets qui v

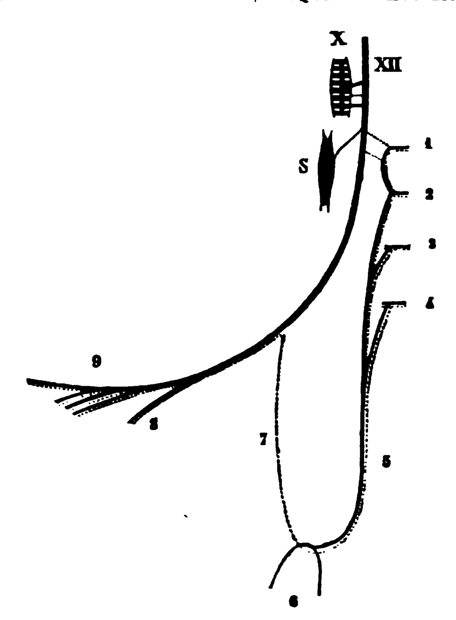


Fig. 246. — Nerf hypoglosse. (Figure schématique.)

au sinus occipital, au cercle veineux de l'hypoglosse, à la vei jugulaire et au diploë, proviennent probablement de son an tomose avec le ganglion cervical supérieur.

D. Anastomoses. — 1° *A. avec le ganglion cervical supérie* — Voir ci-dessus. — 2° *A. avec le pneumogastrique.* — Ce anastomose fournit soit des filets sensitifs à l'hypoglosse, soit partie des racines motrices du pneumogastrique (Cruveilh Sappey). — 3° *Anse descendante de l'hypoglosse.* — Elle conti des filets sensitifs allant à l'hypoglosse et probablement les fil

---

Fig. 246. — X, pneumogastrique. — XII, grand hypoglosse. — S, ganglion cervical rieur. — 1, 2, 3, 4, nerfs cervicaux. — 5, branche descendante. — 6, nerfs des muscle hyoïdiens. — 7, anse de l'hypoglosse. — 8, rameau du thyro-hyoïdien. — 9, rameaux minaux.

teurs des muscles sous-hyoïdiens provenant presque tous des fs cervicaux.

ıliographie des nerfs crâniens. — C. Valentin : *De fonctionibus nervo-ım cerebralium*, 1839. Voir aussi la bibliographie des centres nerveux.

3° NERFS DES ORGANES CIRCULATOIRES.

a. — Innervation du cœur. (Figure 247.)

Le cœur reçoit deux espèces de fibres nerveuses, des fibres ırrêt qui lui viennent du pneumogastrique et qui ont été étu- ›es avec ce nerf (voir page 937), et des fibres accélératrices, ntenues dans le grand sympathique, et qui lui viennent de la)elle. En outre, le cœur possède dans son tissu même un pareil nerveux ganglionnaire (ganglions intra-cardiaques), dont mode d'action présente beaucoup d'obscurité. Enfin des nerfs ısitifs et excito-réflexes complètent l'innervation cardiaque.

1° *Action du grand sympathique sur le cœur.*

.e grand sympathique contient des filets nerveux dont l'action est agoniste de celle du pneumogastrique. Ces filets accélérateurs se ıcontrent :

l° *Dans le cordon du grand sympathique au cou* (fig. 247, 4). — L'ex- ıtion du tronc, ainsi que celle du bout périphérique (après sa section), :élère les battements du cœur ; sa section, au contraire, les ralentit peu (V. Bezold). Mais, en tout cas, cette action n'est pas aussi pro- ıcée que celle du pneumogastrique et elle n'est pas constante. Quel- ›fois, surtout si les pulsations du cœur étaient déjà très-fréquentes emple : lapin), il ne se produit rien ; quelquefois même on a une ion identique à celle du pneumogastrique. Cyon, au contraire, croit › l'excitation seule du sympathique est sans action sur le cœur. ›es fibres cardiaques, niées par Cyon, proviendraient, d'après V. Bezold, cerveau.

:° *Dans le ganglion cervical inférieur.* — L'irritation directe des fs cardiaques qui partent du ganglion (la troisième branche chez le n, la deuxième chez le chien) amène une accélération des batte- ıts du cœur. Mais l'origine de ces fibres accélératrices ne se trouve dans le ganglion même, elle se trouve plus haut dans la moelle ıière ; en effet, si l'on fait la section des pneumogastriques, des

sympathiques du cou et des nerfs dépresseurs des deux côtés, tion de la moelle cervicale et enfin la section des splanchniqu abolir l'influence des vaso-moteurs et de la pression sanguine (l'animal étant curarisé et la respiration artificielle pratiquée), l'excitation de la moelle cervicale produit l'accélération des battements du cœur ; or, cette accélération ne peut tenir à une action réflexe sur le cœur, puisque tous les nerfs du cou sont coupés ; elle ne peut tenir non plus à l'influence de la pression sanguine, vu la section des dépresseurs et des splanchniques ; il ne peut donc y avoir qu'une action directe de la moelle sur le cœur. Si on extirpe ce ganglion, l'action accélératrice ne se produit plus.

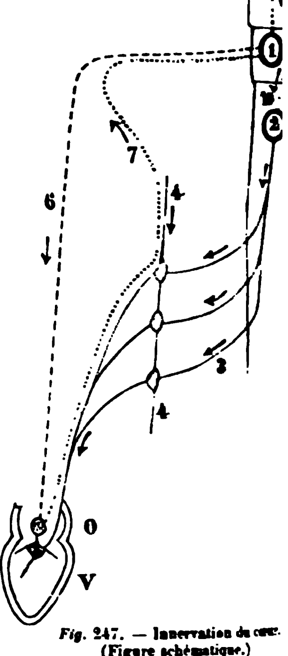


Fig. 247. — Innervation du cœur. (Figure schématique.)

3° *Dans les deux premiers ganglions dorsaux* (?) — Leur excitation accélère les pulsations du cœur et, s'il est arrêté, réveille ses battements (V. Bezold, Schmiedeberg). Ces fibres accélératrices proviennent aussi de la moelle par les *rami communicantes* (Cyon), ou par l'anneau de Vieussens (Schmiedeberg). V. Bezold, se basant sur l'accélération du cœur produite p citation de la moelle à diverses hauteurs, croyait d'abord que les accélératrices situées dans ces ganglions provenaient de toute due de la moelle et remontaient pour arriver aux nerfs cardi mais Ludwig et Thiry ont montré que le même effet se pro on détruit, par la galvanocaustique, tous les nerfs du cœur, l'accélération vue par V. Bezold est une conséquence de l'ex des nerfs vaso-moteurs. Au contraire, après la section des spla ques, qui abolit une grande partie de l'innervation vaso-motrice citation de la moelle ne produit plus d'accélération.

Fig. 247. — M, moelle. — B. Bulbe. — P, protubérance. — O, oreillette. — V, ve — 1, centre d'arrêt. — 2, centre accélérateur. — 3, *rami communicantes*. — 4, pathique. — 6, pneumogastrique. — 7, 8, 9, nerfs centripètes excitant le centre d'arr nerfs centripètes excitant le centre accélérateur.

:es fibres accélératrices sont donc antagonistes du pneumogastrique; :s augmentent le nombre des pulsations du cœur, mais elles ne pa- ssent pas changer le travail total du cœur; elles ne feraient que le artir autrement. Ces nerfs ne seraient donc pas des nerfs moteurs sens strict du mot; leur excitation ne produit pas le tétanos du ur, le curare est sans action sur eux; il est probable qu'ils n'ont une action indirecte sur les mouvements du cœur, qu'ils ne se ter- nent pas dans les fibres musculaires mêmes et qu'ils aboutissent aux nglions intra-cardiaques. On ne peut supposer non plus qu'ils agissent les vaisseaux du cœur, comme le croyait Traube, car leur exci- ion ne produit aucune constriction de ces vaisseaux, et la ligature l'obturation des artères coronaires ne change rien aux phénomènes servés (V. Bezold).

Action réflexe du grand sympathique sur le cœur. — Le sympa- ique du cou contient non-seulement des fibres accélératrices centri- ges, mais encore des fibres centripètes qui agissent par action réflexe r le pneumogastrique. Si on coupe sur un lapin les deux sympathiques la partie inférieure du cou et qu'on excite le bout central, on observe ralentissement du pouls, et ce qui prouve bien que ce ralentisse- ent est dû à une action réflexe sur le pneumogastrique, c'est qu'il se produit plus après la section de ce nerf où après la destruction la moelle allongée. Le sympathique dans la région abdominale (gre- uille), les splanchniques contiennent aussi des fibres dont l'excita- n produit l'arrêt du cœur en se transmettant par la moelle épinière la moelle allongée aux origines du pneumogastrique. Goltz a vu rrêt du cœur se produire par un choc brusque sur l'estomac (gre- uille); il y a là probablement une excitation des filets sensitifs de stomac; mais ces filets proviennent-ils du pneumogastrique ou du mpathique ?

2° *Action de la moelle sur le cœur.*

Les fibres accélératrices du cœur ont leur origine dans les régions rvicales de la moelle épinière et peut-être dans la moelle allongée. effet, si on supprime l'intervention du centre d'arrêt par la section s pneumogastriques, celle des actions réflexes par la section du sym- thique au cou, celle de la pression vasculaire par la section des lanchniques ou par celle de la moelle au-dessus de leur origine, xcitation de la partie supérieure de la moelle accélère les batte- nts du cœur (V. Bezold, Cyon). Duval a obtenu des contractions de reillette droite et du ventricule chez un guillotiné en électrisant la elle cervicale, alors que l'application du galvanisme sur le cœur res- t sans effet.

La moelle allongée contient, en outre, le centre d'arrêt des mouvements du cœur et l'origine des fibres d'arrêt cardiaques du pneumogastrique; mais la situation de ce centre, qui paraît se trouver dans le bulbe, n'est pas encore bien déterminée. Ce qu'il y a de positif, c'est que la galvanisation directe du bulbe produit l'arrêt du cœur (Budge). L'état des gaz du sang paraît avoir une influence marquée sur ce centre d'arrêt (Thiry). Si on pratique chez un lapin la respiration artificielle et qu'on l'interrompe subitement, on voit, au bout de quelques secondes, le pouls se ralentir et le cœur s'arrêter en diastole. Les origines du pneumogastrique (centre d'arrêt bulbaire) ont donc été excitées par le sang qui a pris le caractère veineux par l'interruption de la respiration, et ce qui prouve bien que c'est le pneumogastrique qui est en jeu, c'est que le phénomène ne se produit plus après sa section ou après l'arrachement du spinal. Comment le sang veineux excite-t-il le centre cardiaque d'arrêt? Est-ce par l'excès d'acide carbonique ou par l'insuffisance d'oxygène? Pour décider la question, Thiry fait respirer l'animal dans un mélange d'hydrogène, ce qui empêche l'accumulation d'acide carbonique dans le sang, et l'arrêt du cœur ne s'en produit pas moins; cependant, d'après de nouvelles expériences, il se rattache à l'opinion de Traube, qui considère l'acide carbonique comme l'excitateur du centre d'arrêt cardiaque.

La moelle, dans sa partie supérieure, possède donc deux centres nerveux antagonistes pour les mouvements du cœur, un centre moteur et un centre d'arrêt. Aussi l'indépendance du cœur n'est-elle que relative, et si l'opinion de Legallois, qui considérait la moelle comme centre unique des mouvements du cœur, est infirmée par les faits, il n'en reste pas moins, comme conclusion, une subordination réelle du cœur à la moelle. Les influences qui agissent sur ces deux centres cardiaques se rattachent à deux catégories : état du sang, influences nerveuses. L'excès d'acide carbonique excite le centre d'arrêt; le sang oxygéné excite le centre accélérateur. Les influences nerveuses agissent aussi sur les deux centres, mais celles qui agissent sur le centre d'arrêt sont seules bien connues; ce sont : 1° les excitations des nerfs sensitifs tant de la sensibilité générale que de la sensibilité organique, et parmi ces nerfs, un des plus importants est le nerf dépresseur de Cyon; c'est à cette action que se rattache l'arrêt du cœur observé par Goltz chez la grenouille par un choc brusque sur le ventre [1]; 2° les émotions. Le centre accélérateur peut aussi entrer en jeu par les émotions et peut-être aussi par des excitations *faibles* des nerfs sensitifs. D'après Asp, l'excitation du bout central des nerfs musculaires produirait ordinairement une accélération des battements du cœur. La volonté est sans influence directe sur ces deux centres.

---

[1] De Tarchanoff a vu le simple attouchement des intestins enflammés produire le même effet.

3° *Innervation ganglionnaire du cœur.*

Les ganglions du cœur, découverts par Remak, ont surtout été étudiés hez la grenouille. On les rencontre dans le sinus de la veine cave, la aroi des oreillettes, la cloison auriculo-ventriculaire et la paroi postéieure du ventricule. D'après Schklarewski, ils forment deux anneaux, un dans le sillon auriculo-ventriculaire, l'autre, à angle droit avec le récédent, dans le sillon interauriculaire. C'est à eux que viennent proablement aboutir les branches cardiaques du pneumogastrique et du ympathique, et c'est d'eux que partent les filets qui vont au tissu usculaire du cœur.

Ces ganglions commandent les mouvements rhythmiques du cœur; si n coupe ou si on lie les différentes parties du cœur, celles qui sont ourvues de ganglions continuent à battre, celles qui en sont dépourues s'arrêtent en diastole; cependant le phénomène est un peu plus omplexe. Les ganglions du cœur ne paraissent pas avoir tous la même onction physiologique; les uns paraissent agir comme centres d'arrêt, et ont probablement en connexion avec les filets du pneumogastrique es autres comme centres accélérateurs et correspondraient aux filets u grand sympathique. C'est ce que tendent à prouver les recherches uivantes, dues à Stannius et faites sur des cœurs de grenouilles.

1° Si on coupe ou si on lie le ventricule, la pointe du ventricule este immobile, tandis que la base du ventricule, l'oreillette et le sinus ontinuent leurs pulsations; 2° si la coupe ou la ligature portent sur 'oreillette, le sinus et la partie attenante à l'oreillette se contractent, e reste du cœur est immobile et cet arrêt est d'autant plus long que la oupe se rapproche du sillon auriculo-ventriculaire, puis les battements reprennent ordinairement au bout d'un certain temps et on peut, en tout cas, les faire reparaître en excitant la base du ventricule. — 3° Si la ligature est faite à la limite du sinus veineux et de l'oreillette, le sinus continue à battre; le ventricule et l'oreillette s'arrêtent en diastole; si alors on lie dans le sillon auriculo-ventriculaire, le ventricule bat de nouveau.

Ces expériences semblent prouver que les ganglions d'arrêt se trouvent au niveau de l'oreillette, les ganglions accélérateurs à l'orifice veineux et dans le sillon auriculo-ventriculaire. L'excitation directe des différentes régions du cœur, qui seule permettrait de résoudre la question, n'a pas donné de résultats assez précis.

Il ne faudrait cependant pas croire que la présence de ganglions soit indispensable pour qu'il y ait des mouvements rhythmiques du cœur. Chez l'embryon, le cœur exécute des contractions rhythmiques, et cependant au microscope on n'y trouve pas trace de cellules nerveuses; l en est de même chez plusieurs invertébrés (Eckhard).

Conditions influençant l'innervation ganglionnaire du cœur. — Il est difficile, dans l'étude des influences diverses qui agissent sur le cœur, de faire la part de l'irritabilité musculaire du cœur et de l'excitabilité de ses ganglions et de ses nerfs.

D'une manière générale, la *chaleur* accélère les battements du cœur; le froid, au contraire, les diminue. Cette action est plus prononcée chez les animaux à sang froid (Calliburcès). Dans leurs expériences sur des cœurs de grenouille, Ludwig et Cyon ont vu l'augmentation de fréquence du cœur atteindre son maximum de 30° à 40° et être alors remplacée subitement par une diminution. D'après Eckhard, la chaleur agirait sur le muscle même; sur des cœurs d'embryon de poulet de dix jours, il sépare le ventricule de l'oreillette : le ventricule s'arrête en diastole; en le soumettant alors à une température de 41° à 42°, il se remet à battre, s'arrête quand la température retombe à 30° et reprend de nouveau si la température augmente, et ces observations ont été confirmées par Schenk. Il y a donc, pour l'exercice des mouvements du cœur, une certaine latitude en deçà et au delà de laquelle les battements s'arrêtent. Le minimum et le maximum de température nécessaires sont plus écartés et par suite la latitude de température plus grande pour les animaux à sang froid (grenouille de + 4° à + 40°).

Les excitations mécaniques, piqûres, etc., amènent en général des pulsations du cœur; ainsi quand le cœur a cessé de battre par l'excitation du pneumogastrique, la piqûre avec une aiguille réveille les pulsations. Une série de chocs sur le cœur (20 par minute), au contraire, produit une diminution des battements et un arrêt en diastole (Goltz). La distension des parois du cœur, quand elle n'est pas portée trop loin, agit de la même façon. L'insufflation d'air dans les cavités du cœur, expérience répétée par Robin sur un guillotiné, trois heures après l'exécution, réveille les battements; c'est probablement par la distension des parois du cœur que les variations de la pression sanguine agissent sur les mouvements de cet organe. Tout ce qui augmente la pression sanguine (ligature de l'aorte abdominale, etc.) produit, toutes choses égales d'ailleurs, une accélération des battements du cœur qui augmentent en même temps de force (Cyon). Des faits contraires ont cependant été observés. Si l'augmentation de pression est trop considérable, au lieu d'une accélération, on a un ralentissement, ralentissement déjà observé par Chauveau et Marey. Il semble qu'une faible pression agisse sur les ganglions accélérateurs, une forte pression sur les ganglions d'arrêt et peut-être sur les terminaisons mêmes du pneumogastrique. En effet, la diminution du pouls par augmentation de pression ne se remarque plus si on a coupé préalablement les deux pneumogastriques. On dirait qu'une augmentation de pression excite à la fois les nerfs accélérateurs et les nerfs d'arrêt, de façon que si cette distension est assez forte, l'action d'arrêt compense et au delà l'action accélératrice.

[redacted]

La galvanisation du cœur produit des résultats différents suivant le oint sur lequel on agit. Chez la grenouille, la galvanisation du cœur ı totalité ou de fragments assez étendus, provoque des contractions ythmiques ; quand le courant ne porte que sur de petits fragents dépourvus de ganglions, on n'a que des contractions comme elles d'un muscle ordinaire. La galvanisation du sinus du cœur arrête cœur en diastole. Panum, S. Mayer, Vulpian ont vu aussi la faradisan des ventricules chez le chien et le chat produire l'arrêt du cœur. La présence du sang favorise les battements du cœur, et, comme le rum non oxygéné ne les active pas, l'accélération des pulsations doit re due à l'oxyhémoglobine et probablement à l'oxygène. En effet, si on ace un cœur détaché de l'animal dans un milieu gazeux saturé d'humidité, le cœur continue à battre plus ou moins longtemps suivant la mposition du gaz; il bat dans l'hydrogène, l'azote, plus longtemps ns l'oxygène, qui paraît surtout favoriser la régularité des contracns; il bat même dans le vide pneumatique saturé de vapeur d'eau; s'arrête bientôt dans l'acide carbonique, l'hydrogène sulfuré, le lore, etc. (Bernstein). L'injection de sang ou de sérum oxygéné réille ses pulsations; l'injection de sérum saturé d'acide carbonique rrête en diastole ; cet arrêt diastolique parait dû à une action immédate excitante sur les terminaisons du pneumogastrique. L'oxygène girait sur les ganglions accélérateurs du cœur (Cyon).

Bibliographie. — A. V. Bezold : *Untersuchungen über die Innervation des Herzens*, 1863. — M. et E. Cyon : *Sur l'Innervation du cœur*. (Compte rendu de l'Académie des sciences, 1867.) Voir aussi : bibliographie du pneumogastrique et bibliographie générale de l'innervation.

b. — Nerfs vasculaires.

Les muscles lisses des vaisseaux sont innervés par des nerfs articuliers, nerfs *vaso-moteurs,* ou mieux *vasculaires,* qui se trouvent en grande partie dans les rameaux du grand sympathique, mais dont les origines réelles doivent être cherchées plus in dans les centres nerveux.. La connaissance réelle des nerfs aso-moteurs date d'une expérience célèbre de Cl. Bernard 1852); il vit que la section du grand sympathique au cou produisait une dilatation des vaisseaux et une augmentation de mpérature dans le côté correspondant de la face ; sa galvanisan, au contraire, amenait une constriction des vaisseaux. Le même observateur remarqua plus tard que certains nerfs vasculaires présentaient des propriétés inverses, le tympanico-lingual ar exemple ; la galvanisation de ces nerfs déterminait, non plus

une constriction, mais une dilatation vasculaire, et Schiff propose de les appeler nerfs *dilatateurs* ou *vaso-dilatateurs*, par opposition avec les premiers, nerfs vaso-moteurs proprement dits ou *vaso-constricteurs*.

1° *Nerfs vaso-moteurs proprement dits ou vaso-constricteurs.*

Jusqu'ici, on n'a guère étudié que les nerfs vaso-moteurs des artères, ce sont aussi eux qui présentent le plus d'intérêt physiologique. Si on sectionne les nerfs vaso-moteurs d'une région, les artères de cette région se dilatent, la pression sanguine y augmente, la circulation y est plus active, et la température de la partie monte de plusieurs degrés. L'excitation chimique, galvanique, etc., produit l'effet inverse; les artères diminuent de calibre et la température baisse. Comme on l'a vu plus haut, la plus grande partie des vaso-moteurs se trouve dans le système du grand sympathique, et c'est par conséquent sur lui que portent les expériences les plus nombreuses et les plus concluantes.

L'expérience capitale déjà citée est celle de la section du grand sympathique au cou. Outre les phénomènes oculo-pupillaires qui seront mentionnés plus loin, les phénomènes du côté des vaisseaux sont les suivants, faciles à constater chez le lapin, le chien et le cheval : la circulation de l'oreille et de la moitié correspondante de la tête est plus active; les artères sont dilatées et, si on fait une incision comparative des deux oreilles, donnent beaucoup plus de sang du côté lésé; le sang des veines est plus rouge; les muqueuses (conjonctive, membrane nictitante) sont injectées; la température du côté opéré augmente et peut dépasser de cinq, dix degrés et plus la température du côté sain (température prise dans l'oreille, les narines, la profondeur des hémisphères cérébraux); en même temps la pression s'est accrue dans les rameaux de la carotide du côté opéré; cette suractivité de la circulation réagit naturellement sur les autres fontions; les sécrétions sont activées (exemple : la sueur chez les chevaux); la sensibilité est exagérée; les parties, sans être cependant le siége d'une véritable congestion inflammatoire, sont plus disposées à l'inflammation (résultats mis en doute par plusieurs physiologistes); enfin, d'après Brown-Sequard, les propriétés des muscles et des nerfs et les mouvements réflexes persisteraient plus longtemps que du côté sain. Tous ces phénomènes sont plus marqués chez les animaux en bonne santé, et ils sont plus nets encore après l'arrachement du ganglion cervical supérieur; ils se prononcent beaucoup plus si, comme l'a montré A. Moreau, on fait la section du nerf auriculaire du plexus cervical. La durée des phé-

[redacted]

omènes est de vingt-quatre heures seulement après la section du rand sympathique, de quinze à dix-huit jours après l'arrachement.

Cette vascularité plus grande n'a pas été constatée seulement pour :s parties superficielles; on l'a constatée aussi pour les parties pro- ›ndes, dans les vaisseaux de la pie-mère et des membranes du cer- eau (Nothnagel et Goujon), dans ceux de la muqueuse du tympan 'russak), dans ceux de la choroïde (Sinitrin); cependant Donders n'a u, à l'ophthalmoscope, constater de dilatation des vaisseaux de la étine et de la choroïde.

L'excitation du ganglion cervical supérieur et du cordon du sympa- ıique cervical produit des effets inverses dans le détail desquels il est ıutile d'entrer; ainsi, si on incise l'oreille d'un lapin, après la section u sympathique, la galvanisation arrête immédiatement l'écoulement anguin. Cette galvanisation fait aussi disparaître de suite la congestion ıflammatoire produite par l'application de rubéfiants sur la conjonctive u sur l'oreille d'un lapin.

Le ganglion cervical inférieur et les premiers ganglions thoraciques ontiennent aussi des fibres vaso-motrices qui se rendent aux vaisseaux ıu membre supérieur et du thorax. La galvanisation du premier gan- lion thoracique produit un refroidissement et une constriction vascu- ıire bien sensibles, surtout sur les muscles (Cl. Bernard), et la section e ces ganglions amène une augmentation de température dans le ıembre supérieur et le côté correspondant de la poitrine. Il en est de ıême pour la partie lombaire du grand sympathique.

Les nerfs splanchniques, vu l'étendue de la région à laquelle ils se listribuent, paraissent être les principaux nerfs vasculaires du corps; ls fournissent en effet la plus grande partie des organes abdominaux. ıprès leur section, les vaisseaux des viscères de l'abdomen sont gorgés le sang; ces vaisseaux, énormément dilatés, détournent ainsi vers 'abdomen une grande partie de la masse sanguine, d'où diminution considérable de pression dans la carotide; ces phénomènes sont bien plus prononcés chez le lapin que chez le chien, et au bout d'un certain temps, quand l'animal survit à l'opération, la pression revient à l'état normal sans que les nerfs se soient réunis. L'excitation galvanique du bout périphérique des splanchniques produit au contraire une diminu- tion du calibre des vaisseaux de l'abdomen et fait monter la pression dans la carotide au double de sa valeur normale. Les filets vaso-moteurs du foie peuvent être suivis assez haut; Cyon et Aladoff ont vu, en exci- tant l'anneau de Vieussens chez le chien, les vaisseaux du foie pâlir et la surface de l'organe se couvrir de taches blanches. Le pneumogas- trique contiendrait aussi, d'après quelques physiologistes, des vaso- moteurs pour l'estomac et l'intestin (Öhl) et pour les artères coronaires du cœur (Brown-Séquard, Panum).

Les nerfs rachidiens renferment des fibres vaso-motrices qui pro-

viennent soit du grand sympathique, soit de la moelle. La section du nerf sciatique produit la dilatation des vaisseaux des doigts et de la membrane interdigitale (grenouille); si sur un chien on fait une plaie à la pulpe des orteils du côté lésé, on a un écoulement sanguin abondant qui s'arrête par l'électrisation du nerf sciatique. Les mêmes faits s'observent sur les nerfs du membre supérieur et peuvent même être constatés chez l'homme. Ainsi, Waller place le coude dans un mélange réfrigérant et, quand au bout d'un certain temps le nerf cubital est atteint par le froid, il constate une augmentation de température dans l'annulaire et le petit doigt, augmentation due à la dilatation des vaisseaux produite par la paralysie *a frigore* des vaso-moteurs contenus dans le nerf cubital. Pour la tête même, tous les nerfs vaso-moteurs ne proviennent pas du grand sympathique ; les nerfs cervicaux chez le lapin (nerf auriculaire) donnent des nerfs vasculaires (Schiff). Le trijumeau fournit les nerfs vaso-moteurs de l'iris, des cavités nasales et d'une partie de la cavité buccale.

L'action de la moelle sur les vaisseaux a été démontrée en 1839 par Nasse, qui observa une élévation de température dans les membres après la section de la moelle épinière. En 1852, Brown-Sequard fit la section d'une moitié latérale de la moelle dorsale et constata une augmentation de température dans le membre postérieur correspondant. La galvanisation de la moelle produit l'effet inverse et diminue le calibre des artères correspondantes (Pflüger). Sur des animaux curarisés, chez lesquels on a coupé les pneumogastriques et les sympathiques, l'excitation électrique d'une coupe de la moelle au niveau de l'atlas produit un rétrécissement de toutes les branches de l'aorte, rétrécissement très-sensible surtout sur les artères rénales (Ludwig et Thiry), et qui manquerait cependant, d'après Hafiz, pour les artères musculaires. Il en est de même de la galvanisation des racines antérieures, tandis que celle des racines postérieures ne produit rien. Brown-Sequard a bien vu la section des racines postérieures des cinq ou six derniers nerfs dorsaux et des deux premiers lombaires suivie de dilatation des vaisseaux et d'augmentation de température des membres postérieurs; mais il s'agissait probablement d'une action réflexe vaso-dilatatrice.

Les fibres vaso-motrices paraissent remonter jusqu'à la moelle allongée; Stricker et Kessel ont vu chez la grenouille l'électrisation de la moelle allongée produire la constriction des artères du tympan et de la membrane interdigitale, et Budge, par l'électrisation du pédoncule cérébral chez le lapin, a constaté un rétrécissement de toutes les artères du corps.

En résumé, d'après les faits précédents, les nerfs vaso-moteurs sont distribués de la façon suivante dans les diverses régions du corps :

1° Les vaso-moteurs de la tête sont fournis par la partie cervicale du

[redacted]

grand sympathique et proviennent en partie du sympathique même, en partie de la moelle cervicale par les racines antérieures des nerfs cervicaux inférieurs et des nerfs thoraciques supérieurs et les *rami communicantes*. Les artères de l'iris, des cavités nasales et d'une partie de la bouche proviennent du ganglion de Gasser, sans qu'on puisse affirmer d'une façon précise leur origine dans le ganglion même.

2° Les vaso-moteurs des membres supérieurs et des parois du thorax viennent : 1° du ganglion cervical inférieur et des ganglions thoraciques supérieurs du sympathique ; 2° de la moelle par les *rami communicantes* situés entre la troisième et la septième vertèbre dorsale. La preuve qu'à ces fibres médullaires s'ajoutent des fibres sympathiques réside dans ce fait que la section des racines du plexus brachial en dehors des trous rachidiens produit une dilatation des artères plus considérable que la section en dedans du canal vertébral, c'est-à-dire avant qu'il ait reçu les anastomoses du grand sympathique.

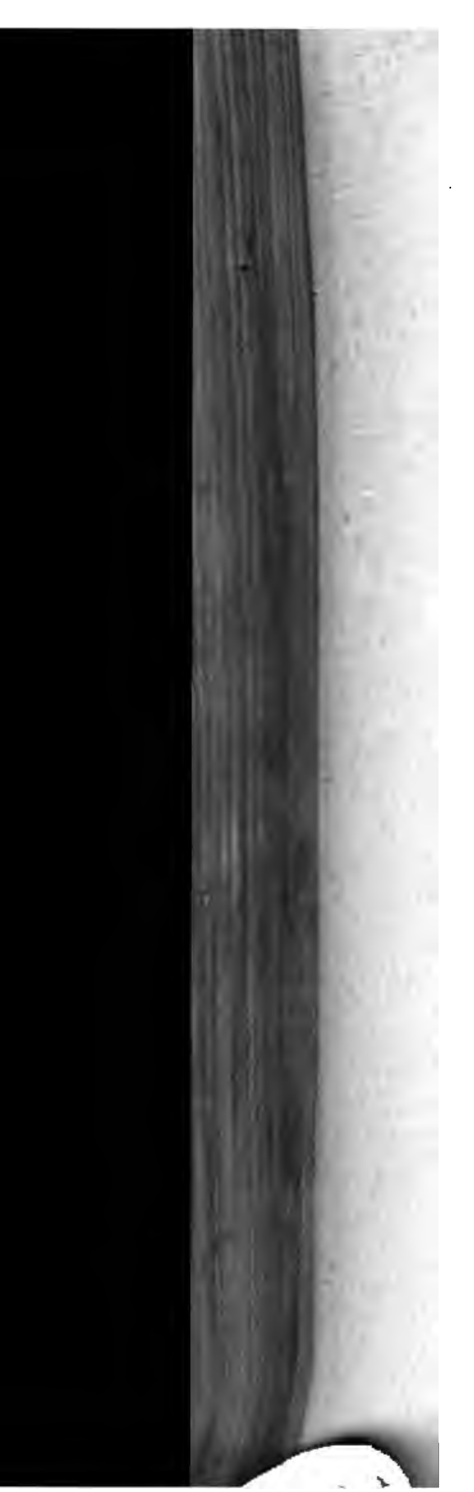
3° Les vaso-moteurs des membres inférieurs et des parois du bassin sont fournis par la moelle (racine des nerfs sciatique et crural) et par la partie abdominale du sympathique; de ces filets, les uns rejoignent les nerfs précédents, les autres vont directement aux vaisseaux.

4° Les vaso-moteurs viscéraux sont fournis par le grand sympathique et particulièrement par les nerfs splanchniques; mais une partie des filets prend son origine dans la moelle; le pneumogastrique paraît fournir aussi des filets vaso-moteurs à l'estomac et à l'intestin.

Les nerfs vaso-moteurs ont donc deux sources principales, la moelle d'une part, le grand sympathique de l'autre. Quant à la localisation de ces centres nerveux vaso-moteurs, elle est très-difficile à établir dans l'état actuel de la science. Y a-t-il dans la moelle un seul ou plusieurs centres vaso-moteurs? D'après Owsjannikow, le centre vaso-moteur se trouverait dans les parties supérieures de la moelle allongée, au-dessous des tubercules quadrijumeaux. Dittmar le place dans le faisceau intermédiaire du bulbe (noyau antéro-latéral de Clarke), et les fibres vaso-motrices y arriveraient en suivant le cordon latéral de la moelle (Nawrocki). Vulpian, Goltz, Schlesinger au contraire, sans nier l'existence d'un centre principal dans la moelle allongée, croient que des centres vaso-moteurs sont disséminés dans toute l'étendue de la moelle. Pour les vaso-moteurs sympathiques, cette dissémination des centres dans les ganglions du grand sympathique ne peut faire de doute.

Aux variations de calibre des vaisseaux amenées par les vaso-moteurs correspondent deux ordres de phénomènes principaux : des variations de température et des variations de pression sanguine.

Les *variations de température* marchent parallèlement avec les va-



riations de calibre. La paralysie des
pérature des parties; l'excitation de ce
sement de température. Cette action, r
comme directe (nerfs *calorifiques*), n'es
tation artérielle amène dans la régio
guin plus considérable; ce sang, qui
renouvelle très-vite, est à la températu
de la circulation empêche son refroidiss
ment de la partie à laquelle il se dis
des vaso-moteurs, la température est
parties qui, comme l'oreille, sont, à ca
grande étendue, les plus soumises aux

La *pression sanguine* dépend, à qu
des vaisseaux; quand ce calibre augme
mente quand ce calibre diminue. La se
les vaso-moteurs de presque toutes
par conséquent baisser la pression da
pression est d'autant plus marqué que
rapprochée de la moelle allongée, puis
plus grand nombre de fibres vaso-motr
tion. Pour avoir le phénomène dans to
fluences accessoires, il faut employer
quels on pratique la respiration artifi
l'expérience, la section des pneumog
L'excitation de la moelle produit au
tension. Les centres vaso-moteurs sym
la pression sanguine; mais l'action, à c
ces centres, est plus localisée, et des
difficiles à déterminer viennent obscu
que, après la section du sympathique a
tation de pression (Vulpian).

Les variations de pression produites
vaso-moteurs ne se bornent pas toujo
par le centre vaso-moteur qui entre
s'étendre à d'autres régions et quelqu
toire, quand le centre vaso-moteur agit
vasculaire. Tel est le cas des nerfs
masse des viscères abdominaux, dont
et si dilatables. Si l'on fait la section d
dans les artères de l'abdomen par suite
ces artères; une dérivation aussi consid
une forte déplétion du reste de l'apparei
nution de pression dans la carotide, e
presque aussi marquée qu'après la se

lu bout périphérique des nerfs splanchniques produit au contraire une .ugmentation considérable de pression.

A l'état physiologique, les centres vaso-moteurs paraissent être en :tat continuel d'activité, de sorte que les vaisseaux sont toujours en :tat de demi-contraction permanente ; c'est ce qu'on a appelé *tonus 'asculaire* (Vulpian). Goltz a montré que ce tonus vasculaire suffit »our faire progresser le sang dans les vaisseaux pendant un certain emps, quand le cœur a été soustrait par une ligature au système vas-.ulaire.

Les centres nerveux vaso-moteurs, tant médullaires que sympathi-ues, peuvent être excités de deux façons : 1° par des états particu-ers du sang (excitation vaso-motrice directe); 2° par des excitations artant de nerfs sensitifs (excitation vaso-motrice réflexe).

Le sang veineux agit comme excitant sur les centres vaso-moteurs, pécialement sur les centres médullaires; cet effet paraît dû à la pré-ence de l'acide carbonique (Traube). L'interruption de la respiration mène une contraction de toutes les petites artères ; si on adapte une mule à la trachée d'un animal, au moment où l'on ferme la canule, on »it pâlir tous les vaisseaux de l'intestin ; la respiration de l'hydrogène a de tout autre gaz irrespirable produit le même effet. D'après Nawa-chin, l'anémie (interruption de l'abord du sang) serait suivie du même ;sultat, de sorte qu'il peut y avoir du doute pour savoir s'il faut rat-cher l'excitation du centre vaso-moteur à l'excès d'acide carbonique ı à l'absence d'oxygène. Le curare n'a pas une action très-tranchée ır les centres vaso moteurs ; cependant il les affaiblit un peu, sans les ıralyser ; les membranes sont plus rouges, le nez et les membres us chauds ; on a donc là un bon moyen dans les nerfs mixtes d'isoler s actions vaso-motrices.

Le point de départ des *réflexes vaso-moteurs* peut se trouver tantôt .ns des nerfs sensitifs rachidiens. tantôt dans des nerfs sympathiques, ntôt dans les centres nerveux eux-mêmes (émotions).

L'excitation des nerfs sensitifs produit tantôt un rétrécissement, tan-t une dilatation des petites artères, et. dans ce dernier cas, il est diffi-e de préciser si la dilatation doit être attribuée à une paralysie réflexe s vaisseaux ou a une excitation directe des vaso-dilatateurs (voir plus n). Ce qui complique le phénomène. c'est que l'excitation du nerf nsitif peut agir à la fois et sur les centres médullaires et sur les sym-thiques, et que les effets peuvent être différents. Cette action des rfs sensitifs se traduit souvent par un rétrécissement ; ce rétrécisse-;nt, quelquefois très-fugace et suivi d'une dilatation. surtout pour les flexes partiels, n'est pas dû uniquement à la douleur, car il se pro-ıit encore sur les animaux narcotisés ou après l'extirpation du cer-au. Cependant, d'après Cyon. l'extirpation du cerveau empêche ıction vaso-motrice réflexe et ne laisse place qu'a la paralysie réflexe;

mais ces résultats n'ont pas été confirmés par la plupart des physiologistes. Une expérience de Tholozan et Brown-Sequard donne un exemple chez l'homme de contraction vaso-motrice réflexe : si on maintient la main dans de l'eau très-froide, l'autre main se refroidit au bout de quelque temps ; il est vrai que, d'après Vulpian, l'expérience est loin de donner des résultats constants.

Pour le grand sympathique, il en est de même ; si on excite le bout central des nerfs splanchniques ou le bout supérieur du grand sympathique, on obtient un rétrécissement des artères et une augmentation de pression sanguine.

Mais l'action des nerfs sensitifs se traduit très-souvent, le plus souvent peut-être, non par un rétrécissement, mais par une dilatation réflexe. A ce point de vue, le plus important est le *nerf dépresseur de Cyon*. On avait déjà observé que l'excitation du bout central du pneumogastrique produisait dans certains cas une diminution de pression. Cyon le premier, en 1866, découvrit chez le lapin un nerf naissant par deux racines du laryngé supérieur et du tronc du pneumogastrique, et allant au ganglion cervical inférieur ; l'excitation du bout central de ce nerf produit une diminution de pression dans le système artériel et une diminution de fréquence du pouls ; l'excitation du bout périphérique est sans action. Ces deux phénomènes, diminution de pression artérielle, diminution de fréquence du pouls, ne sont pas sous la dépendance immédiate l'un de l'autre ; car si, avant l'excitation du nerf dépresseur, on sectionne le pneumogastrique, la diminution de pression se produit toujours, tandis que le pouls ne change pas ; le résultat se produit, que l'animal soit ou non curarisé. Le nerf dépresseur agit directement sur les centres vaso-moteurs et non par l'intermédiaire du cœur ; en effet, on peut détruire toutes les connexions du cœur avec la moelle et le cerveau, sans empêcher la dépression de se produire par l'excitation du nerf ; la section des splanchniques ne l'empêche pas non plus et ne fait que la diminuer.

D'après Stilling, le nerf dépresseur n'agirait pas sur tous les vaso-moteurs du corps, mais seulement sur ceux de l'abdomen et des extrémités inférieures ; en effet, après la compression de l'aorte au-dessous du diaphragme, la section des splanchniques ou la section de la moelle à la hauteur de la troisième vertèbre dorsale (lapin), l'excitation du nerf dépresseur ne produit presque plus de diminution de pression dans la carotide. Chez la plupart des autres espèces animales, le nerf dépresseur est confondu, soit avec le pneumogastrique, soit avec le grand sympathique. Quant à l'action intime du nerf dépresseur, il est difficile de dire s'il agit en paralysant les centres vaso-constricteurs ou au contraire en excitant les centres vaso-dilatateurs, si tant est qu'il faille les admettre (voir plus loin). Quel que soit du reste son mode d'action, grâce au nerf dépresseur, il y a une solidarité

[redacted]

complète et un balancement perpétuel entre la circulation centrale et la circulation périphérique ; dès que, par suite de l'excitation des centres vaso-moteurs, la constriction des artères périphériques a fait monter la pression sanguine au delà d'une certaine quantité, cette pression sanguine, transmise au cœur, amène une distension des parois cardiaques qui excite le nerf dépresseur ; il s'ensuit alors une dilatation des artères qui diminue la pression cardiaque et dégage le cœur aux dépens de la périphérie.

Quant à l'influence des émotions sur les vaso-moteurs, il suffira de la mentionner ; tout le monde sait combien les influences morales, comme la honte, la colère, la peur, etc., agissent sur la coloration et la vascularité de certains organes et de certaines régions.

2° *Nerfs vaso-dilatateurs.*

Cl. Bernard avait remarqué que l'électrisation du nerf tympanico-lingual et de la corde du tympan produisait une dilatation des vaisseaux de la glande sous-maxillaire. Schiff, se basant sur cette expérience et surtout sur le mécanisme de l'érection, admit des nerfs agissant directement sur les vaisseaux pour les dilater et reconnut par conséquent deux espèces de dilatation vasculaire, une dilatation névro-paralytique, par paralysie des vaso-moteurs ordinaires, une dilatation active, par excitation des nerfs vaso-dilatateurs. L'existence des nerfs vaso-dilatateurs se base surtout sur les propriétés de la corde du tympan et sur le mécanisme de l'érection.

La galvanisation de la corde du tympan est suivie d'une dilatation des vaisseaux de la glande sous-maxillaire et de ceux de la moitié correspondante de la partie antérieure de la langue (Vulpian); l'excitation du lingual produit le même effet ; mais si on sectionne la corde du tympan et qu'on attende quinze jours pour laisser aux fibres de la corde contenues dans le lingual le temps de dégénérer, l'électrisation du lingual ne produit plus rien ; la corde du tympan serait donc le nerf vaso-dilatateur de la langue. Vulpian a prouvé récemment que le glosso-pharyngien a le même effet sur les vaisseaux de la base de la langue.

L'électrisation des nerfs érecteurs qui proviennent du plexus sacré produit l'érection chez le chien (Eckhard, Loven); les mailles du tissu caverneux se remplissent de sang et si on fait une plaie aux corps caverneux, le sang coule abondamment et ce sang est rutilant au lieu d'être noir. Cette dilatation des mailles n'est pas due à un rétrécissement des veines efférentes, car la ligature des veines ne produit pas l'érection ; seulement, après cette ligature, si on électrise le nerf érecteur, l'érection est plus forte. On a encore invoqué d'autres faits, mais

moins positifs, pour prouver la dilatation vasculaire par action nerveuse directe ; ainsi Schiff admet un nerf auriculaire dilatateur dans l'oreille du lapin ; l'anastomose du nerf auriculo-temporal avec le facial aurait la même action d'après Cl. Bernard ; le même physiologiste a vu une dilatation des vaisseaux du rein par l'excitation des branches terminales du pneumogastrique.

De quelle façon expliquer ces phénomènes ? Deux théories sont en présence, la dilatation active de Schiff et la dilatation passive.

La *dilatation active* de Schiff est peu compréhensible au point de vue anatomique. Schiff, il est vrai, ne cherche pas à expliquer le mécanisme de cette dilatation active, il croit seulement qu'elle existe ; mais les raisons qu'il donne pour la distinguer de la dilatation névro-paralytique ne me paraissent pas concluantes.

La *dilatation passive* est admise, au contraire, par la plupart des physiologistes ; mais les opinions diffèrent sur ses causes et son mécanisme. On a admis une constriction des veines, mais cette constriction n'existe pas ; au contraire très-souvent, comme dans la glande sous-maxillaire, par exemple, les veines sont dilatées ; cependant dans certains cas, comme dans l'érection, la constriction veineuse favorise la dilatation passive, en amont des veines. Brown-Sequard et Vulpian en avaient cherché l'explication dans une sorte d'attraction du sang pour les tissus (*vis a fronte* de Carpenter), attraction qui ferait affluer le sang dans les artères. Vulpian avait vu qu'en déposant sur l'*area vasculosa* (tout à fait dépourvue de nerfs) de l'embryon de poulet une goutte de nicotine, il se formait une congestion intense. L'afflux sanguin dans la glande sous-maxillaire sous l'influence de l'excitation de la corde tiendrait alors à l'action de ce nerf sur les éléments sécréteurs de la glande. Mais Heidenhain a montré l'indépendance des deux actions sécrétoire et vasculaire ; en électrisant la corde du tympan sur un chien empoisonné par l'atropine, il n'y a plus de sécrétion et l'action vasculaire persiste.

Vulpian, Cl. Bernard, Rouget admettent, avec quelques variantes dans l'explication, une action analogue à celle du pneumogastrique sur le cœur, une action nerveuse d'arrêt sur les nerfs constricteurs, d'où cessation d'action des muscles lisses des artères. Les ganglions trouvés sur le trajet des nerfs érecteurs, sur les terminaisons du nerf lingual (corde du tympan) joueraient dans ce cas le rôle de ganglions modérateurs ou d'arrêt, de même que les ganglions du cœur auxquels aboutissent les rameaux du pneumogastrique (Rouget). L'action vaso-dilatatrice se réduirait en somme à une paralysie des vaso-constricteurs. On a objecté, il est vrai, que la congestion produite par l'électrisation des vaso-dilatateurs est plus forte que celle produite par la section des vaso-constricteurs ; mais, comme le fait observer Vulpian, dans le premier cas (électrisation des vaso-dilatateurs), on paralyse tous les vaso-

constricteurs de la région, tandis que dans le second cas (section des vaso-moteurs) la paralysie ne peut jamais être complète, car il reste toujours dans l'organe même des ganglions qui maintiennent un certain degré de constriction vasculaire.

Goltz a tout récemment cherché à généraliser les actions vaso-dilatatrices, et s'appuie pour cela sur les faits suivants. On a vu qu'après la section du nerf sciatique la température du membre paralysé s'élève, et cette élévation de température est attribuée à la dilatation paralytique des vaisseaux par suite de la section des vaso-moteurs contenus dans le sciatique; mais on a fait moins attention à ce fait que cette augmentation de température n'est que passagère; quelques jours après, la différence de température du membre sain et du membre paralysé diminue, et, au bout de quelques semaines, la jambe paralysée peut être plus froide que l'autre. Cet équilibre de température a lieu à une époque (dix jours quelquefois) où il ne peut y avoir encore de régénération nerveuse; du reste, la section d'un segment du nerf, qui empêcherait la transmission nerveuse, n'empêche pas l'équilibre de s'établir. Si, sur un chien dont le nerf sciatique a déjà été coupé et chez lequel l'équilibre de température des deux membres est à peu près établi, on sectionne la moelle en travers à la partie supérieure de la région lombaire, on constate que la température s'abaisse du côté où le sciatique était déjà coupé et qu'elle s'élève de l'autre côté. Au bout de quelque temps, l'équilibre de température s'établit de nouveau; si alors on détruit complétement la moelle lombaire, on voit la température augmenter encore une fois dans le membre dont le nerf sciatique est intact, tandis que l'autre reste froid (¹). Si sur un chien dont la moelle lombaire a été incisée on coupe un des nerfs sciatiques, la patte du côté opéré augmente de température.

Tous ces faits prouvent que non-seulement la section de la moelle ou d'un nerf sciatique est suivie de la dilatation des vaisseaux dans toutes les parties qui sont en rapport d'innervation avec le nerf coupé, mais que la dilatation vasculaire qui suit la section nerveuse est d'autant plus prononcée que la section est plus récente; ainsi, si on pratique plusieurs sections nerveuses successives sur un animal, les parties qui

(¹) La série d'expériences suivantes est encore plus instructive : on coupe sur un chien le sciatique *droit;* quelques jours après on coupe la moelle en travers; au bout de quatre jours la température de la patte *droite* est de 19°, celle de la patte *gauche* de 38°; on coupe alors le sciatique *gauche* et quelques minutes après on trouve la température de la patte *droite* de 24°, celle de la *gauche* de 39°; il y a donc entre les deux pattes une différence de 15°, et cependant elles se trouvent toutes les deux dans les mêmes conditions d'innervation (section de la moelle, section du sciatique), avec cette seule différence que la section du sciatique est plus récente sur le membre gauche, qui est le plus chaud.

[redacted]

En résumé, les vaisseaux, de même que le cœur, auraient deux sortes nerfs : 1° des nerfs moteurs, vaso-moteurs proprement dits ou vaso-istricteurs, comparables aux fibres cardiaques accélératrices du nd sympathique et de la moelle ; 2° des nerfs d'arrêt, vaso-dilata-rs, comparables au pneumogastrique. L'excitation vaso-motrice est itinue, tandis que l'excitation vaso-dilatatrice est temporaire et ne cerce qu'à certains moments et sous certaines influences. Seulement, alternatives de contraction et de dilatation des vaisseaux ne sont régulières et rhythmiques comme celles du cœur, ou du moins le sont que tout à fait exceptionnellement. (Voir : *Contractilité érielle.*)

.'origine des vaso-dilatateurs paraît se faire aussi dans la moelle ; fibres marcheraient dans les faisceaux postérieurs (racines posté-ires), s'il faut s'en rapporter à une expérience de Vulpian qui a vu piqûre d'un des faisceaux postérieurs amener l'échauffement du mbre postérieur du côté lésé.

bliographie. — G. Rœver : *Kritische und experimentelle Untersuchung des ervenseinflusses auf die Erweiterung und Verengerung der Blutgefässe*, 1869. — H. Legros : *Des Nerfs vaso-moteurs*, 1873. — Vulpian : *Leçons sur l'appareil so-moteur*, 1875. — Fr. Goltz et A. Freusberg : *Ueber gefässerweiternde Nerven.* (Arch. de Pflüger, t. IX.) Voir aussi la bibliographie générale de l'innervation.

4° NERFS GLANDULAIRES.

Y a-t-il, indépendamment de l'action indirecte des nerfs vaso-iteurs sur les glandes, une action directe des nerfs sur ces or-ies? Y a-t-il des nerfs glandulaires spéciaux? La question doit e résolue par l'affirmative.

Pflüger a décrit la terminaison des nerfs dans les cellules glandu-res; mais la disposition anatomique qu'il figure est loin d'être admise : tous les histologistes et l'on ne peut que se rapporter à l'expéri-ntation physiologique. Or, les expériences de Ludwig et d'autres phy-logistes ont donné des résultats décisifs. L'excitation du facial, de la de du tympan, du nerf auriculo-temporal du sympathique, produit sécrétion salivaire, celle du nerf lacrymal la sécrétion de la glande même nom; la galvanisation du grand sympathique cervical produit la salivation dans les glandes sous-maxillaires et sublinguales. Mais qu'ici les glandes salivaires et lacrymales sont à peu près les seules ndes sur lesquelles l'expérimentation ait démontré l'action directe s nerfs sur la sécrétion, et avant de pouvoir généraliser le fait, il faut e les observations soient plus nombreuses et embrassent plus d'or-nes. Pour les glandes qui reçoivent plusieurs nerfs, comme la glande

sous-maxillaire, la sécrétion varie de qualité et de quantité suivant le nerf qui est excité. (Voir : *Sécrétion salivaire.*)

Des phénomènes plus difficiles à expliquer sont ceux qui se produisent après la section des nerfs qui se rendent aux glandes. Dans beaucoup de cas, cette section, au lieu d'être suivie d'un arrêt de la sécrétion, est suivie d'une sécrétion plus abondante et même continue. La parotide et la glande sous-maxillaire continuent à sécréter après la section de tous leurs nerfs; il en est de même de la glande lacrymale; A. Moreau énerve une anse d'intestin, et voit cette anse se remplir de liquide, tandis que les anses dont les nerfs sont intacts restent vides; il est vrai que dans ce cas on a plutôt une transsudation de plasma sanguin qu'une véritable sécrétion. Cl. Bernard a vu la quantité d'urine augmenter après la section des splanchniques; après la section du sympathique au cou chez le cheval, la sueur coule abondamment du côté opéré. Une partie de ces faits peut certainement s'expliquer par une paralysie vaso-motrice; mais il en est d'autres dans lesquels cette influence n'est pas évidente, et l'on est bien obligé d'admettre une sécrétion par cessation d'action nerveuse ou, comme on l'a appelée, une sécrétion paralytique.

Il semblerait, d'après ces faits, que les nerfs peuvent agir de deux façons sur les glandes et que celles-ci posséderaient deux sortes de nerfs antagonistes : 1° des nerfs excitateurs de la sécrétion; 2° des nerfs d'arrêt, suspendant ou diminuant la sécrétion. Il y aurait dans ce cas deux espèces de sécrétions, une sécrétion active par excitation des nerfs excitateurs ou sécréteurs, une sécrétion paralytique, par cessation d'action des nerfs d'arrêt.

Ce qui rend la question très-obscure et fait qu'on ne peut arriver que très-difficilement à des résultats précis, c'est que la part de la sécrétion et de l'excrétion du liquide sécrété n'est pas faite d'une façon satisfaisante. Certaines recherches tendraient à faire croire que l'influence des nerfs sur ces deux actes n'est pas la même. Engelmann, dans ses recherches sur les glandes cutanées de la grenouille, a vu que l'excitation des nerfs ischiatiques qui excitent l'excrétion de ces glandes et produisent l'expulsion de leur contenu, exerce au contraire une action d'arrêt sur la sécrétion même de ces glandes.

Quant aux centres nerveux glandulaires, leur localisation n'a pu être faite avec précision. D'après Cl. Bernard, le ganglion sous-maxillaire serait un centre pour la salivation sous-maxillaire. D'autre part, des excitations ou des destructions des centres nerveux peuvent produire soit des diminutions, soit des augmentations de sécrétion; la section de la moelle à la partie inférieure du cou est suivie d'un arrêt de la sécrétion urinaire (Eckhard); d'après Litcheim, la tétanisation de la moelle diminue la quantité de bile, et Heidenhain a constaté cette influence de la moelle sur la sécrétion biliaire. Ces fibres glandulaires peuvent

être suivies plus loin; la piqûre du plancher du quatrième ventricule produit la polyurie (Eckhard), et j'ai vu moi-même sur le lapin une salivation abondante par la cautérisation électrolytique de la base du cerveau dans la région du troisième ventricule.

Action réflexe des nerfs sur les sécrétions. — Cette action est plus nette et plus connue que l'action directe. Sans entrer dans les détails qui ont été étudiés pour chaque sécrétion en particulier, je me contenterai de dire que l'excitation initiale, point de départ de la sécrétion réflexe, peut partir soit d'un nerf périphérique, comme quand l'excitation de la deuxième branche du trijumeau produit la sécrétion lacrymale, soit des centres nerveux eux-mêmes, comme dans les larmes qui accompagnent certaines émotions. Du reste, cette excitation excito-réflexe des nerfs peut agir soit sur les nerfs sécréteurs, soit sur les nerfs d'arrêt, et on peut avoir, suivant les cas, une augmentation ou un arrêt de la sécrétion. Les faits d'arrêt de sécrétion partant des centres nerveux ne sont pas rares; il suffit de citer la sécheresse de la bouche qui se montre dans certains états moraux; quant aux arrêts de sécrétion réflexes, ils sont moins connus; cependant on en a observé quelques cas; ainsi Bernstein a vu l'arrêt de la sécrétion pancréatique par l'excitation du bout central du pneumogastrique.

5° NERFS TROPHIQUES.

La question des nerfs trophiques est aussi obscure au moins et aussi controversée que celle des nerfs glandulaires. Y a-t-il, en dehors des nerfs vaso-moteurs, des nerfs spéciaux agissant directement sur la nutrition des tissus? Samuel a cherché à le démontrer; mais la difficulté de la démonstration est très-grande, car dans la plupart des expériences, en même temps qu'on agit sur les nerfs trophiques dont on veut démontrer l'existence, on agit aussi sur les nerfs vaso-moteurs, et les phénomènes observés peuvent être attribués à ces derniers. Ce qui le ferait croire, c'est que, dans beaucoup de cas, après la section des nerfs d'une partie, on observe un accroissement plus intense, au lieu d'une atrophie à laquelle on pouvait s'attendre, de sorte qu'on est en droit de rapporter cet accroissement à un afflux sanguin plus considérable par section des vaso-moteurs. Ainsi Adelmann a vu la lésion du nerf tibial chez le cheval être suivie d'un accroissement du sabot. L'œdème observé par Ranvier après la section du nerf ischiatique peut rentrer aussi dans la même catégorie de faits. Il en est d'autres cependant qui sont plus difficiles à expliquer; ainsi Nélaton a constaté l'atrophie du testicule à la suite de la section du nerf spermatique; Obolensky fait chez le chien et le lapin la résection des nerfs du cordon; au bout de deux à trois semaines, le testicule était atrophié, et,

quatre mois après, il avait subi la dégénérescence graisseuse. Les faits d'altération de la cornée après la section intra-crânienne du trijumeau sont de même explicables par une influence vaso-motrice. Les cas d'altérations de nutrition circonscrites à la suite de maladies des nerfs d'une partie (paralysies, etc.), sont aujourd'hui communs dans la science, et la localisation de ces altérations parle plutôt en faveur d'une influence nerveuse que d'une influence vasculaire (exemple, dans le zona). Ces altérations de nutrition ont été souvent produites expérimentalement; Laborde et Leven, après la section de l'ischiatique chez le lapin et le cabiai, ont constaté la pâleur et la sécheresse de la peau, des ulcérations, la chute des cheveux et des ongles, des hémorrhagies, la nécrose des phalanges, etc.

L'influence des nerfs et en particulier du sympathique sur l'inflammation n'est pas douteuse. Brown-Sequard a remarqué que la cicatrisation des plaies se faisait plus vite du côté où le sympathique était coupé. Snellen, ayant placé une perle de verre dans chacune des oreilles d'un lapin, et sectionné le grand sympathique d'un côté, trouva que du côté lésé les tissus étaient cicatrisés autour de la perle, tandis que, du côté sain, il s'était formé un abcès.

Dans ces cas, lorsque l'action nerveuse ne s'exerce pas par l'intermédiaire des vaisseaux et par les nerfs vaso-moteurs, elle paraît influencer surtout les tissus épithéliaux; ordinairement, en effet, c'est par l'épiderme que débutent les altérations, et les lésions consécutives (ulcérations, etc.) peuvent s'expliquer par cette altération épidermique primitive.

Goltz a cherché à démontrer que les centres nerveux exerçaient une influence directe sur l'absorption; mais d'après les recherches de Vulpian, Bernstein, Heubel, cette influence ne serait autre chose qu'une influence purement vaso-motrice.

6° GRAND SYMPATHIQUE.

Procédés. — 1° *Section du grand sympathique au cou.* Même procédé que pour la section du pneumogastrique, au côté interne duquel il se trouve; chez le chien, les deux nerfs sont dans la même gaîne. — 2° *Extirpation du ganglion cervical supérieur.* On suit le nerf en haut, et après avoir sectionné le stylo-hyoïdien on arrive sur le ganglion qu'on extirpe ou qu'on arrache. — 3° *Extirpation du ganglion cervical inférieur.* On suit le pneumogastrique en bas jusqu'à l'artère sous-clavière; il est placé à gauche, en arrière de l'embouchure du canal thoracique, dans la veine sous-clavière gauche; il répond, chez le lapin, au ganglion moyen de l'homme; le ganglion cervical inférieur de l'homme correspond au premier ganglion thoracique du lapin. — 4° *Extirpation*

[redacted]

du premier ganglion thoracique. Carville et Bochefontaine ont donné un procédé pour son extirpation (voir : Bulletin de la Société de biologie). — 5° *Destruction du plexus cardiaque par la galvanocaustique* (Ludwig et Thiry). — 6° *Mise à nu du sympathique abdominal.* Ouverture de la cavité abdominale ; le gauche est le plus accessible. — 7° *Section du nerf splanchnique gauche.* Ouverture de la cavité abdominale ; il longe l'aorte abdominale; le droit est caché par la capsule surrénale droite et beaucoup plus difficile à découvrir. — 8° *Extirpation du plexus cœliaque et des ganglions semi-lunaires.* Même procédé. — 9° *Extirpation du plexus rénal.* Il marche entre l'artère et la veine rénale.

La physiologie du grand sympathique se confond en grande partie avec celle des nerfs qui ont été étudiés jusqu'ici et en particulier avec celle des nerfs vasculaires. Il ne constitue pas à proprement parler un système à part, comme on l'a cru pendant un certain temps; cependant il a, grâce à de nombreux ganglions, une certaine indépendance, de façon que ses fibres peuvent être divisées en deux catégories, celles qui prennent leur origine dans les centres nerveux et celles qui naissent dans les ganglions du sympathique. Seulement il est, la plupart du temps, impossible d'isoler, anatomiquement et physiologiquement, ces deux espèces de fibres et de faire la part de ce qui revient aux centres nerveux ou au grand sympathique.

Quoi qu'il en soit, le grand sympathique préside spécialement par ses fibres sensitives, motrices et peut-être glandulaires et trophiques, à la plupart des actes de la vie organique et végétative, et il semble n'avoir aucun rapport avec les actions volontaires. C'est ainsi que ses fibres sensitives partent en général des muqueuses et des organes viscéraux et que ses fibres motrices vont surtout, sinon exclusivement, aux fibres lisses de ces organes et des vaisseaux. Ce qui a été dit plus haut de l'innervation du cœur et de l'innervation vaso-motrice, des nerfs glandulaires et des nerfs trophiques, s'applique donc en partie au grand sympathique et me permettra d'abréger la physiologie de ce nerf.

Les ganglions du grand sympathique peuvent se diviser en ganglions *centraux* et ganglions *périphériques*. Les ganglions centraux sont situés, soit sur le trajet même du cordon du sympathique, soit sur le trajet des plexus que fournit le nerf (ganglions du plexus cardiaque, ganglions semi-lunaires du plexus cœliaque, etc.). Les ganglions périphériques se trouvent dans le

tissu même des organes; tels sont les ganglions microscopiques du cœur, ceux qu'on trouve dans les tuniques de l'intestin ou dans le tissu de l'utérus. Tous ces organes paraissent être le siège d'actions réflexes, de façon que l'arc réflexe aura une étendue variable, suivant que le centre réflexe se trouvera aux ganglions périphériques, aux ganglions centraux ou dans les centres nerveux cérébro-spinaux.

A. Sympathique cervical. — Il contient :

1° Des fibres vaso-motrices qui se rendent à la moitié correspondante de la tête; l'origine de ces fibres paraît se faire surtout dans la moelle cervicale (voir page 962); le ganglion cervical inférieur et le premier thoracique fournissent les vaso-moteurs du membre supérieur;

2° Des fibres accélératrices pour le cœur (voir : *Innervation du cœur*);

3° Des fibres qui vont au muscle dilatateur de la pupille (page 798);

4° Des fibres sécrétoires pour les glandes salivaires (page 4[illegible]) et la glande lacrymale (page 464);

5° Des fibres pour le muscle lisse orbitaire;

6° Des fibres centripètes qui excitent le centre d'arrêt du cœur.

7° Des fibres centripètes qui excitent les centres vaso-moteurs.

B. Sympathique thoracique. — Les plus importants des nerfs de cette partie du cordon du sympathique sont les nerfs splanchniques. Ils contiennent:

1° Les fibres vaso-motrices des vaisseaux des organes abdominaux;

2° Des fibres d'arrêt pour le mouvement de l'intestin;

3° Des fibres d'arrêt pour la sécrétion rénale; Cl. Bernard a vu, après leur section, une augmentation de la sécrétion urinaire;

4° Des fibres dont l'excitation produit l'apparition du sucre dans l'urine;

5° Des fibres centripètes dont l'excitation produit l'arrêt du cœur;

6° Des fibres centripètes dont l'excitation produit un rétrécissement des artères.

C. Sympathique abdominal. — Sa distribution est fort peu connue; on sait seulement qu'il fournit les vaso-moteurs du bassin et des membres inférieurs.

Leur richesse en nerfs a fait rattacher les *capsules surrénales* au système du grand sympathique; mais on ne sait en réalité rien sur leurs fonctions. D'après Brown-Sequard, elles seraient en rapport avec la production de pigment.

3. — PHYSIOLOGIE DES CENTRES NERVEUX.

1° PHYSIOLOGIE DE LA MOELLE ÉPINIÈRE.

Procédés. — *Section de la moelle.* — L'animal est attaché solidement, et endormi par l'éther ou les injections de chloral; la colonne vertébrale est mise à nu par l'ablation des muscles spinaux et on enlève avec la scie les arcs vertébraux de façon à pouvoir agir sur la moelle et sur les racines des nerfs. L'écoulement de sang est en général assez abondant et amène un épuisement profond de l'animal. On peut faire, pour le diminuer, la compression ou la ligature temporaire de la crosse de l'aorte à gauche de l'origine de la sous-clavière gauche (lapin). (Voir aussi : *Encéphale.*)

La moelle épinière peut être envisagée à deux points de vue, comme organe de transmission et comme agglomération de centres nerveux; mais avant de l'étudier à ces deux points de vue, il est nécessaire d'examiner l'excitabilité de ses différentes parties.

a. — De l'excitabilité de la moelle épinière.

Procédés. — Pour étudier l'excitabilité de la moelle, il est nécessaire de pouvoir localiser l'excitation sur des points circonscrits et déterminés; aussi, d'une façon générale, les résultats ne peuvent être certains que quand on se sert d'aiguilles fines avec lesquelles on pique ou on gratte la substance médullaire; les courants électriques, même quand ils sont très-faibles, ne présentent pas une localisation assez précise et diffusent toujours plus ou moins au delà du point d'application des électrodes. L'excitabilité de la moelle s'apprécie ordinairement soit par des mouvements (volontaires ou réflexes), soit par des signes (cris, mouvements) indiquant que l'animal éprouve de la douleur; mais comme ces manifestations sont souvent incertaines et difficilement appréciables, on a cherché d'autres moyens d'apprécier la sensibilité de la partie excitée. Dittmar, Miescher et d'autres physiologistes l'ont ap-

préciée par les variations que subit la pression sanguine prise avec un manomètre introduit dans une artère; ils ont vu l'excitation des parties sensibles se traduire par une augmentation de pression. D'autres auteurs, Schiff en particulier, ont pris comme réactif de la sensibilité le diamètre de la pupille (dilatation pupillaire).

Les physiologistes sont loin d'être d'accord sur l'excitabilité des diverses parties de la moelle. *Pour la substance grise*, l'accord est à peu près complet, et sauf Aladoff et Cyon, tous croient qu'elle est absolument inexcitable. Mais pour la substance blanche il n'en est plus de même, et ils se partagent en deux camps : les uns, comme van Deen, Chauveau, etc., croient qu'elle est inexcitable et que son excitabilité apparente lui vient des racines rachidiennes qui la traversent ; les autres, comme Vulpian, Fick, etc., croient qu'elle a une excitabilité propre indépendante de ces racines.

L'excitabilité des cordons postérieurs se traduirait, d'après Vulpian, par des mouvements dus à la douleur et par des mouvements réflexes; pour Brown-Sequard, leur excitation ne déterminerait que des mouvements réflexes. Van Deen avait au contraire trouvé la moelle de la grenouille complètement insensible à tous les excitants. Chauveau, expérimentant sur de grands animaux, ce qui permettait de localiser l'excitation d'une façon très-précise, est arrivé à peu près aux mêmes conclusions que van Deen. Cependant Gianuzzi a trouvé les cordons postérieurs excitables après la section des racines postérieures et la dégénérescence consécutive de leur bout central. Dittmar a constaté une augmentation de pression par l'excitation des cordons postérieurs. Schiff, Fick, Enjelken admettent aussi l'excitabilité de ces cordons.

Les mêmes contradictions existent pour les *cordons antéro-latéraux*. Van Deen, Huinzingua, Aladoff, Chauveau, les considèrent comme tout à fait inexcitables. Cl. Bernard leur attribue (sauf pour les cordons latéraux) la sensibilité récurrente et la fait provenir des racines antérieures. D'après Fick, Enjelken, Vulpian, leur excitation, pourvu qu'elle soit assez forte, déterminerait des mouvements moins intenses cependant que l'excitation directe des racines antérieures. Si on sectionne les racines antérieures et postérieures de la moelle dans une étendue de 8 à 10 centimètres, et qu'on enlève ensuite les faisceaux postérieurs et latéraux sur la même étendue, l'excitation des cordons antérieurs produit des contractions dans les muscles du train postérieur (Vulpian). Dittmar n'a pas vu d'augmentation de pression par l'excitation des cordons antérieurs; il en a vu une légère par celle des cordons latéraux.

[redacted]

b. — De la moelle comme organe de transmission.

La transmission de la sensibilité et de la motilité dans la moelle ne se fait pas tout à fait de la même façon que dans les nerfs sensitifs et moteurs; une première différence, c'est que les parties de la moelle (et des autres centres nerveux) qui conduisent la sensibilité ou le mouvement peuvent n'être ni sensibles ni excitables. En second lieu, c'est que très-probablement la transmission d'un lieu déterminé à un autre ne se fait pas nécessairement par une voie unique, mais peut se faire par plusieurs voies qui paraissent même pouvoir se suppléer dans certains cas.

1° *De la transmission de la sensibilité dans la moelle.*

D'après Magendie, Ch. Bell et surtout Longet, les cordons postérieurs seraient les conducteurs de la sensibilité dans la moelle ; mais les expériences de Schiff, Brown-Sequard, etc., ont montré que cette opinion ne s'accordait pas avec les faits et que la transmission sensitive se faisait principalement par la substance grise de la moelle.

Les expériences essentielles sur lesquelles s'appuie cette opinion sont les suivantes :

1° La section transversale complète des cordons postérieurs (Bellingieri, Brown-Sequard) n'abolit pas la sensibilité dans les régions de la peau qui reçoivent leurs nerfs des parties de la moelle situées au-dessous de la section. Seulement les mouvements coordonnés ne se font plus aussi bien (probablement par diminution de la sensibilité musculaire). Après la section des cordons postérieurs, Brown-Sequard a observé même une hypéresthésie de la peau (voir plus loin) et a constaté que la surface de la coupe du segment inférieur est sensible, phénomène qui s'accorde avec ce fait anatomique que les fibres des racines postérieures se portent d'abord en bas avant de remonter dans la moelle.

2° La section des cordons postérieurs et des cordons antéro-latéraux (avec conservation de la substance grise) n'abolit pas la sensibilité dans les parties situées au-dessous de la section ; cette sensibilité est seulement un peu affaiblie et d'autant plus qu'on a moins laissé de substance grise.

3° La section des cordons antéro-latéraux et de la substance grise (van Deen, Brown-Sequard), avec conservation des cordons postérieurs, abolit complètement la sensibilité; cependant, d'après Schiff, la sensibilité tactile serait conservée; la sensibilité à la douleur serait seule abolie ainsi que la sensibilité thermique.

4° La section de la substance grise seule (van Deen, Brown-Sequard) produit le même résultat. Seulement l'opération est trop difficile à exécuter complètement pour qu'on puisse en tirer des conclusions positives.

La transmission des impressions sensitives dans la moelle paraît être en partie *croisée;* autrement dit, les conducteurs de ces impressions s'entre-croisent sur la ligne médiane (Brown-Sequard). Cependant il paraît y avoir à ce point de vue des différences entre les diverses espèces animales; ainsi, chez les oiseaux (pigeons) l'entre-croisement ne commencerait qu'au-dessus du renflement lombaire, et chez la grenouille il manquerait tout à fait (Sestchenow). Du reste, les conclusions de Brown-Sequard sont loin d'être adoptées par tous les physiologistes.

Les expériences sur lesquelles Brown-Sequard s'appuie pour admettre la transmission croisée sont les suivantes :

1° Si on fait une section verticale médiane et antéro-postérieure de la moelle de façon à la séparer dans une certaine étendue en deux moitiés indépendantes (Galien), on constate de l'anesthésie dans les parties qui reçoivent leurs nerfs de la région de la moelle sur laquelle on a opéré, et l'anesthésie existe des deux côtés.

2° Si on fait une section transversale comprenant une moitié latérale de la moelle, on constate de l'anesthésie *du côté opposé* à la section, et de l'hypéresthésie dans les parties du corps situées du côté de la section. Cette hypéresthésie est assez difficile à expliquer et on ne peut admettre l'hypothèse de Brown-Sequard qui la considère comme due à une dilatation paralytique des vaisseaux de la moitié coupée de la moelle. Miescher n'a pas observé cette hypéresthésie.

3° Si on fait une section transversale de plus en plus profonde d'une moitié de la moelle (hémisection de la moelle), la sensibilité s'affaiblit de plus en plus *du côté opposé* à mesure que la coupe est plus profonde, mais elle existe toujours partout; quand la coupe atteint la ligne médiane, la sensibilité disparaît tout à fait du côté opposé.

Cependant certaines expériences s'accordent peu avec une transmission croisée des impressions sensitives. Si on fait une hémisection double de la moelle à des hauteurs différentes, l'une à droite, l'autre à gauche, la sensibilité est conservée des deux côtés (van Deen).

Brown-Sequard admet dans la moelle des conducteurs spéciaux pour

[redacted]

les diverses espèces d'impressions sensitives, et il a cherché à en déterminer le trajet. D'après lui, les impressions tactiles passeraient par les parties antérieures de la substance grise, les impressions de douleur, plus disséminées, par les parties postérieures et latérales, celles de température par les parties grises centrales; tous ces conducteurs s'entre-croiseraient dans la moelle. Les conducteurs de la sensibilité musculaire, au contraire, passeraient par les cornes grises antérieures ou dans leur voisinage et ne seraient pas entre-croisés. Schiff, Danilewsky, etc., font passer les impressions tactiles par les cordons postérieurs, les impressions de température et de douleur suivant la voie de la substance grise. Mais toutes ces assertions ne peuvent être acceptées qu'avec beaucoup de réserve et n'ont pu encore être justifiées expérimentalement. Un seul fait important au point de vue pratique, c'est la persistance de la sensibilité malgré l'existence de lésions profondes de la moelle.

2° *De la transmission motrice dans la moelle.*

La transmission motrice dans la moelle est mieux connue que la transmission sensitive. Elle se fait par les cordons antéro-latéraux et aussi par la substance grise.

Les expériences qui démontrent ce mode de transmission sont les suivantes :

1° La section des cordons antérieurs et de la substance grise, avec conservation des cordons postérieurs, abolit les mouvements volontaires dans les régions situées au-dessous de la section.

2° La section des cordons antéro-latéraux seuls (van Deen) abolit transitoirement les mouvements volontaires, qui se rétabliraient au bout d'un certain temps. Cette expérience a donné cependant des résultats contradictoires qui s'expliquent par la difficulté de l'opération.

3° La section des cordons postérieurs et de la substance grise, avec conservation des cordons antérieurs, affaiblit les mouvements volontaires, qui reparaissent au bout de quelque temps.

4° On a cherché enfin à sectionner isolément les cordons antérieurs et les cordons latéraux et on a cru voir qu'après la section du cordon latéral les mouvements étaient à peine affaiblis; mais les expériences sont trop délicates pour qu'on puisse y attacher une grande importance.

Les cordons postérieurs paraissent cependant jouer un rôle dans la coordination des mouvements. On observe, en effet, après des sections transversales successives des cordons postérieurs à diverses hauteurs (Todd), des troubles de la coordination qui rappellent les phénomènes de l'*ataxie locomotrice*. Mais là encore l'expérience est trop complexe

[redacted]

postérieures; une racine postérieure est en rapport réflexe s racines antérieures correspondantes, et Sanders-Ezn a que certaines régions sensibles correspondent à certains s de muscles et que l'excitation de ces régions produit des tions dans ces muscles. Ainsi, chez la grenouille décapitée, ion d'une patte produit un mouvement d'extension comme ir, l'irritation de l'anus un mouvement des pattes vers le rrité, le contact léger de la région dorsale le coassement etc. Des phénomènes analogues ont été observés chez 1, par Goltz et Freusberg, après la section de la moelle re.

nouvements réflexes ainsi produits atteignent non-seule-s muscles du squelette, ce qui est le cas le plus fréquent, ncore les muscles organiques, comme l'iris, les muscles sseaux, etc.

mouvements réflexes ont très-souvent un caractère défen-nt même, dans beaucoup de cas, un caractère remarquable rdination; c'est ainsi qu'une grenouille décapitée nage et ès qu'une excitation cutanée se produit, et, si on la dé-fait des mouvements pour retrouver son équilibre. (Voir : *ale.*)

:ès Cayrade, qui contredit les lois de Pflüger (page 313), tion réflexe s'irradie dans tous les sens dans la moelle, et ›agation dans le sens longitudinal est aussi facile de bas t que de haut en bas.

ıs et van Lair ont cherché à localiser les centres des di-ouvements réflexes; chez la grenouille, les centres des ments des membres antérieurs commencent 1 millimètre en le la deuxième racine et occupent une longueur de 3 à mètres et demi; les centres des mouvements des membres eurs iraient de 2 millimètres en avant de la septième ra-ısqu'en arrière de l'insertion de la dixième. D'après Sest-r, la région de la cinquième cervicale serait surtout impor-u point de vue des réflexes.

:itabilité réflexe augmente par la décapitation, et d'une ;énérale les sections successives de la moelle d'avant en augmentent l'excitabilité des parties situées en arrière de ion (Schiff). Si l'on prend deux grenouilles d'égale force, lécapite l'une, qu'on coupe la moelle lombaire de l'autre, exes sont plus prononcés chez la seconde que chez la pre-

[redacted]

faits observés depuis semblent devoir faire admettre une autre interprétation. Une forte excitation des nerfs sensitifs diminue ou paralyse l'activité réflexe (Lewison); mais cette excitation ne paraît pas agir sur des centres d'arrêt encéphaliques, car le même arrêt des réflexes se produit, comme l'a observé Goltz, par certaines excitations des nerfs sensitifs chez des chiens dont la moelle lombaire a été coupée, et chez lesquels, par conséquent, les excitations sensitives ne pouvaient agir sur les centres modérateurs. Il est vrai que Nothnagel admet des centres d'arrêt dans toute l'étendue de la moelle.

2° *Centres d'innervation dans la moelle.*

On a pu déterminer d'une façon assez précise l'existence et la situation d'un certain nombre de centres réflexes dans la moelle.

1° *Centre cilio-spinal.* — Budge et Waller ont vu que les nerfs qui animent les fibres radiées de l'iris naissent de la moelle au niveau de la deuxième paire dorsale (entre le sixième nerf cervical et le troisième dorsal), et passent de là dans le sympathique. La galvanisation de cette région de la moelle dilate les deux pupilles, et la dilatation cesse par la section du grand sympathique; l'excitation des racines sensitives aboutissant à cette région de la moelle produit le même effet que l'excitation même de la moelle (Chauveau). Salkowski fait cependant remonter plus haut (dans la moelle allongée) l'origine de ces fibres cilio-spinales.

2° *Centre accélérateur des mouvements du cœur.* (Voir : *Innervation du cœur.*)

3° *Centre respiratoire.* — La moelle contient bien les centres moteurs des muscles respiratoires, mais ces centres sont eux-mêmes sous la dépendance d'un centre respiratoire plus élevé, placé dans le bulbe (voir : *Bulbe*). Ainsi la section de la moelle au-dessus de la huitième paire dorsale paralyse les muscles abdominaux; au-dessus de la première paire dorsale, les intercostaux; au-dessus de la cinquième paire cervicale, le grand dentelé et les pectoraux; enfin la section au-dessus de la quatrième paire cervicale, en paralysant en plus le nerf phrénique, paralyse le diaphragme et abolit tout mouvement respiratoire. Pour Ch. Bell, les cordons latéraux seraient le lieu d'origine des nerfs respiratoires, et Clarke place le centre des nerfs intercostaux et des

ombaire a été coupée, si on place le doigt dans l'anus, on sent les contractions réflexes rhythmiques, et ces contractions s'arrêent par une forte excitation d'un nerf sensitif, comme le pincenent du gros orteil (Goltz).

7° *Centre des mouvements de la vessie.* — D'après Gianuzzi, irritation de la moelle au niveau de la 3° vertèbre lombaire (ou es filets sympathiques vésicaux) amène des contractions lentes u corps et du col de la vessie; celle de la moelle au niveau de ı 5° vertèbre lombaire (ou celle des filets venant de la moelle) es contractions énergiques et douloureuses des mêmes parties. our Goltz, qui se base sur ses expériences sur des chiens avec ection de la moelle lombaire, la miction est un acte purement éflexe dont le centre est dans la moelle. Chez ces chiens, en ffet, la vessie se vide si on presse la peau du ventre, si on touche gland ou le prépuce, ou si on chatouille le pourtour de l'anus; destruction de la moelle lombaire empêche ces réflexes de se roduire. Les mouvements de la vessie, observés par Budge, par excitation du cerveau sont des mouvements réflexes.

8° *Centres vaso-moteurs.* (Voir : *Nerfs vaso-moteurs*).

9° *Centres de tonicité musculaire.* — Cette question a déjà été aitée page 258; l'expérience de Brondgeest, répétée par divers uteurs, a donné des résultats contradictoires; tandis que cerins expérimentateurs, comme Sustschinsky, en confirment les ésultats, d'autres, comme Eckhard, Heidenhain, etc., les interrètent autrement; il en est de même de l'excitation continuelle ui, suivant Steinmann et Cyon, arriverait aux racines antérieures ar les racines postérieures et maintiendrait les muscles en état e tonus permanent.

On attribue encore à la moelle d'autres fonctions, mais qui 'ont pu être localisées dans des centres déterminés. Ces foncons sont les suivantes :

1° *Action psychique de la moelle.* — Paton, Pflüger, Auerach considèrent la moelle comme pouvant être le siége d'une ertaine activité psychique, c'est-à-dire de manifestations consientes. Ces auteurs se basent sur les expériences suivantes :

• *Expérience de Pflüger.* On place une goutte d'acide sur le ant de la cuisse d'une grenouille décapitée; le membre postéieur se fléchit et va frotter le point irrité; on ampute alors la atte et on recommence à placer une goutte d'acide au même en-

abstiendrai-je de les mentionner. Les expériences directes nt peu nombreuses. Brown-Sequard a vu l'arrêt de la sécrétion inaire par le pincement de la surface interne de la paroi abdonale chez le chien (dans la région de la première paire lombire), et le phénomène subsistait après la section transversale la moelle. Les lésions expérimentales de la moelle provoent la glycosurie (Schiff). Heidenhain a fait des recherches sur sécrétion biliaire; l'excitation de la moelle par des courants luits s'accompagne d'une diminution de la sécrétion biliaire, écédée cependant d'une légère augmentation, et les filets proiant de la moelle marcheraient dans les nerfs splanchniques, : l'excitation de ces nerfs produit le même effet et le phénone ne se produit plus après leur section. Ces résultats, attaqués : Röhrig, ont été confirmés par J. Munk.

5° *Influence de la moelle sur l'absorption.* — Goltz a cherché emment à démontrer l'influence de la moelle sur l'absorption. is ces expériences, confirmées dans leurs traits essentiels par évost, Reverdin, Heubel et Bernstein, sont susceptibles d'une re interprétation.

6° *Influence de la moelle sur la température animale.* (Voir: *aleur animale*, page 721).

Régénération de la moelle. — Prochaska et Longet avaient ioué dans leurs tentatives de régénération de la moelle. Masius van Lair, chez les grenouilles, auraient obtenu la régénération la moelle avec retour de quelques mouvements volontaires; is les expériences ne peuvent être acceptées que quand elles ront été répétées, et les résultats en sont douteux. Goltz, sur chiens, n'a jamais constaté de retour de la sensibilité et du uvement volontaire.

bliographie. — CALMEIL : *Recherches sur la structure et les fonctions de la oelle épinière*, dans : *Journal des progrès*, 1828. — STILLING : *Untersuchungen ber die Functionen des Rückenmarks*, 1842. — BROWN-SEQUARD : *Mémoire sur les ies de transmission des impressions sensitives dans la moelle épinière*, dans : *Mémoires de la Société de biologie*, 1850. — E. PFLUGER : *Die sensoriellen Functionen s Rückenmarks*, 1853. — SCHIFF : *Sur les Fonctions des cordons postérieurs de la oelle.* (Gazette hebdomadaire, 1859.) — SCHRŒDER VAN DER KOLK : *Bau und unctionen der medulla spinalis und oblingata*, 1859. — BROWN-SEQUARD : *Nouelles Recherches sur la physiologie de la moelle épinière.* (Journal de physiologie, 858 et 1859.) — CHAUVEAU : *De l'Excitabilité de la moelle épinière.* (Journal de hysiologie, 1861.) — BROWN-SEQUARD : *Leçons sur le diagnostic et le traitement es principales formes de paralysies des extrémités inférieures*, avec une Introducion de ROUGET, 1861. — J. CAYRADE : *Sur la Localisation des mouvements réflexes*, 868. — VULPIAN : article « Moelle » du *Dictionnaire encyclopédique*, 1874. (Voir ussi la bibliographie générale de l'innervation.)

it au crâne, avec un perforateur, un trou très-fin ; on introduit par ›u une petite canule à trocart qui pénètre plus ou moins profondé- dans la substance cérébrale ; on retire le trocart et on visse sur nule restée en place le corps d'une seringue à injection sous- ée chargée du liquide qu'on veut injecter. On tourne doucement ton de façon à faire pénétrer un nombre déterminé de gouttes et tire ensuite la canule. Les lésions cérébrales ainsi produites peu- être localisées avec une précision remarquable. (Voir : Beaunis, *sur l'application des injections interstitielles à l'étude des fonc- des centres nerveux*, dans *Gazette médicale* de Paris, 1872 ; voir : *Notes additionnelles*.)

Cautérisation électrolytique. — J'ai employé dans plusieurs cas la risation électrolytique.

Interruption de la circulation. — L'interruption de la circulation se faire soit sur des régions étendues (ligatures artérielles), soit es régions circonscrites (injection dans les vaisseaux de poudres antes, d'air, etc.). Dans ce cas, on observe un ramollissement des s correspondantes de la substance cérébrale.

Réfrigération (*Richardson*). — L'application de la glace ou de iges réfrigérants, l'anesthésie localisée par l'éther, la rigolène, sur une région déterminée du crâne, ou bien leur application à ır la substance cérébrale, abolissent temporairement les fonctions région. L'inconvénient de cette méthode est de ne pouvoir loca- la réfrigération au point expérimenté.

Compression cérébrale. — Cette compression peut se faire, soit tement sur la surface du cerveau, soit par l'injection dans le cer- de liquides inertes, mercure, etc. (Voir : Beaunis, *Note sur l'appli- n*, etc.)

a. — Physiologie du bulbe.

1° *Excitabilité du bulbe.*

excitabilité des divers faisceaux du bulbe ([1]) est très-contro- še. L'excitation des pyramides antérieures détermine des

---

Anatomiquement, le bulbe paraît être constitué de la façon suivante : ramides sont formées dans les trois quarts inférieurs de leur décus- par le prolongement d'une partie des cordons latéraux de la moelle, eur quart supérieur par une partie des cordons postérieurs. Le fais- ntermédiaire du bulbe est constitué par les cordons antérieurs et le des cordons latéraux ; les corps restiformes et les pyramides posté- s par les cordons postérieurs, moins la partie qui contribue à la dé-

ésultats varient suivant la hauteur à laquelle sont faites les sections transversales ; à la pointe du calamus, les muscles de la colonne vertébrale sont paralysés ; plus haut, ce sont les muscles les membres postérieurs.

3° *Centres nerveux dans le bulbe.*

1° *Centre respiratoire.* — Le centre respiratoire se trouve dans le bulbe, vers la pointe du V du *calamus scriptorius,* au niveau des origines du pneumogastrique. D'après les recherches de Rosenthal, il se composerait de deux centres : 1° un centre *inspirateur* dont l'activité est excitée par les filets pulmonaires du pneumogastrique et arrêtée par les filets laryngés du même nerf ; l'accumulation d'acide carbonique dans le sang, l'absence d'oxygène, l'irritation des nerfs sensitifs (aspersions d'eau froide) agissent comme excitants sur le centre inspirateur ; une irritation sensitive trop intense (douleur) ou l'excès d'oxygène dans le sang (apnée), au contraire, le paralyse ; 2° un centre *expirateur* dont l'activité est mise en jeu par les filets laryngés supérieurs du pneumogastrique et paralysée par ses filets pulmonaires (voir : *Pneumogastrique*). Ces deux centres respiratoires paraissent être doubles, car la section de la moelle en deux moitiés symétriques n'abolit pas les mouvements de respiration, et la section transversale d'une moitié de la moelle paralyse les muscles respirateurs du même côté.

La piqûre ou l'ablation d'un point circonscrit du 4e ventricule, au niveau de la pointe du V du *calamus* (*nœud vital* de Flourens), arrête immédiatement la respiration et produit une mort subite chez les animaux à sang chaud. La section du bulbe au-dessous du nœud vital abolit les mouvements respiratoires du tronc et laisse subsister ceux de la face (mouvements des naseaux chez le cheval, par exemple) ; la section au-dessus du nœud vital abolit les mouvements respiratoires de la face et laisse subsister ceux du tronc. La mort après la destruction du nœud vital a été attribuée, par quelques auteurs, à d'autres causes qu'à un simple arrêt de respiration, ainsi à la douleur et à l'arrêt du cœur (Brown-Sequard).

Les centres bulbaires respiratoires sont des centres réflexes, ce qui

naintenu solidement par un aide ; on saisit fortement la tête de la gauche, et en passant la main sur le crâne d'avant en arrière, on une tubérosité *d* (*fig.* 248) qui correspond à la bosse occipitale . Immédiatement en arrière, on plante un petit ciseau représenté dans la figure 249 ; sa pointe entre dans le tissu osseux, et dès qu'il a traversé les parois du crâne, on dirige l'instrument obliquement de haut en bas et d'arrière en avant jusqu'à ce que la pointe atteigne l'os basilaire. La figure 250, p. 996, représente la marche de l'instrument à travers la tête du lapin. Pour que le diabète se produise, la piqûre doit porter entre ubercules de Wenzel (origine des nerfs acoustiques *bb*, 251, p. 996) et les origines du pneumogastrique *e*. Si ique plus bas, on produit la polyurie seule, au-dessus, uminurie. Le sucre apparaît dans les urines une heure eux après l'opération et disparaît au bout de quatre à heures.

248. — Crâne de lapin ; partie postérieure. (Cl. Bernard.)

Centre salivaire. — Le centre de la sécrétion vaire paraît aussi se trouver dans le plancher du entricule au niveau de l'origine du facial ; la pi- ou l'excitation électrique de cette région déter-e une sécrétion abondante de salive (Cl. Bernard, hard, etc.).

Centre moteur des muscles de la face et des cles masticateurs. — Le bulbe contient en outre : entres moteurs des muscles qui sont innervés par cial, et par conséquent les centres de la mimique e l'expression faciale ; les centres des muscles ticateurs.

s centres convulsifs admis par quelques physiolo-s se trouvent plus haut dans la région de la protu-nce.

Tarchanoff a vu l'excitation de la moelle allongée uire une contraction de la rate ; cette contraction se uisait aussi par l'excitation du bout central de l'is-



Fig. 249. Ciseau pour la piqûre diabétique.

chiatique et surtout du pneumogastrique ; elle ne se montrait pas si les nerfs splanchniques étaient coupés.



Fig. 250. — Coupe d'une tête de lapin. (Cl. Bernard.)

Budge a provoqué, par l'excitation du bulbe, des contractions de l'esto-



Fig. 251. — Plancher du 4e ventricule chez le lapin. (Cl. Bernard.)

mac et du cœcum ; peut-être ne s'agissait-il là que de contractions réflexes.

Fig. 250. — *a*, cervelet. — *b*, origine du nerf de la 7e paire. — *c*, moelle épinière. — *d*, origine du pneumogastrique. — *e*, trou d'entrée de l'instrument. — *f*, instrument. — *g*, nerf trijumeau. — *h*, conduit auditif. — *i*, extrémité de l'instrument. — *k*, sinus veineux [illegible]. — *l*, tubercules quadrijumeaux. — *m*, cerveau. — *n*, coupe de l'atlas.

Fig. 251. — Le cervelet a été divisé et ses deux lobes, *aa*, sont déjetés de côté. — *b*, tubercules de Wenzel. — *c*, plancher du 4e ventricule. — *d*, bec du calamus. — *e*, origine du pneumogastrique. L'espace pour la piqûre diabétique est limité par deux lignes transversales qui joignent les tubercules de Wenzel et les origines des pneumogastriques.

— Physiologie de la protubérance.

itabilité de la protubérance. — L'excitation des parties
elles de la protubérance (¹) ne détermine en avant aucun
ıne, à moins qu'on n'atteigne les pédoncules cérébelleux
(voir : *Cervelet*) ; en arrière, on obtient des signes de
Quand la stimulation pénètre jusqu'aux parties pro-
;alvanisation), on a des convulsions générales épilepti-
ui se distinguent des convulsions tétaniques qu'on ob-
l'excitation de la moelle.
ınsmission dans la protubérance. — a. *Transmission*
. — La transmission sensitive à travers la protubérance
:e très-obscure ; un fait pathologique important, c'est
ısthésie est beaucoup plus rare que la paralysie du mou-
lans les affections de la protubérance, et quand cet or-
lésé d'un seul côté, l'anesthésie existe du côté opposé
; on a vu plus haut que l'entre-croisement des conduc-
ur les impressions sensitives se fait au-dessous de la
ance (moelle et bulbe). D'après Brown-Sequard, ces im-
; (sensations musculaires, tactiles, thermiques, de dou-
:seraient par les parties centrales de la protubérance.
ınsmission motrice.— La transmission motrice volontaire
·incipalement par les parties antérieures de la protubé-
:s lésions unilatérales de la protubérance produisent ordi-
ıt une paralysie du tronc et des membres du côté opposé
aralysie du facial du même côté que la lésion (hémiplé-
ne de Gubler); c'est que l'entre-croisement du facial a
; le pont de Varole même, tandis que l'entre-croisement
ucteurs pour le tronc et les membres se fait au-dessous,
ın l'a vu à propos du bulbe.
tres d'innervation de la protubérance. — La physiolo-

---

ibres verticales dans la protubérance ont la même disposition que
.lbe ; elles sont seulement séparées par les faisceaux des pédon-
belleux moyens et les noyaux de substance grise. Les fibres des
s cérébelleux moyens ne représentent pas une commissure entre
noitiés du cervelet ; elles se rendent d'une moitié du cervelet à
ce grise de la protubérance et de là montent par les pédoncules
dans l'hémisphère cérébral du côté opposé ; leur trajet est donc
ılles relient chaque hémisphère cérébelleux à l'hémisphère cé-
côté opposé.

gie de la protubérance se confond sur beaucoup de points avec celle du bulbe, et il est difficile de circonscrire exactement dans chacun de ces organes un certain nombre de centres nerveux qui sont sur la limite de l'un et de l'autre.

La protubérance représente non-seulement un organe de transmission, mais un véritable centre pour les mouvements de toutes les régions du corps; après l'ablation de toutes les parties situées en avant d'elle, les mouvements des quatre membres s'exécutent avec énergie (Longet) et il semble même que, dans certains cas, des mouvements coordonnés, tels que ceux de la marche et du saut, puissent se produire.

On a vu plus haut que la galvanisation de la protubérance produit des convulsions épileptiformes; c'est là ce qu'on a appelé *région des crampes* ou *centre convulsif* de la moelle allongée, dont les limites ont été bien précisées par Nothnagel. Ce centre est excité par l'excès d'acide carbonique dans le sang, ou par l'absence d'oxygène, comme dans l'asphyxie, par l'anémie ou le retrécissement des vaisseaux de la protubérance (Kussmaul et Tenner), par l'hyperémie de ces vaisseaux (Landois), etc. Ce centre convulsif est en rapport intime avec les centres respiratoires, vaso-moteur, dilatateur de la pupille et cardiaque (centre d'arrêt), comme on le voit dans les phénomènes de l'asphyxie, qui font entrer tous ces centres en activité.

Gerdy et Longet font de la protubérance un centre sensitif; d'après eux, l'ablation des parties situées en avant de la protubérance n'abolit pas la sensibilité générale, les animaux crient, s'agitent, et ces signes de douleur disparaissent par la lésion de la protubérance; pour Brown-Sequard, au contraire, ces phénomènes seraient d'ordre purement réflexe.

L'influence de la moelle allongée sur la température est encore très-obscure. R. Heidenhain a vu l'excitation de la moelle allongée s'accompagner d'une diminution de température, tandis que J. Schreiber, au contraire, a constaté une augmentation de température toutes les fois qu'on empêchait chez l'animal la déperdition de chaleur (voir : *Production de chaleur* page 721).

Bibliographie du bulbe et de la protubérance. — Stilling : *Ueber die Medulla oblongata*, 1843. — Gubler : *De l'Hemiplégie alterne.* (Gazette hebdomadaire, 1857.) — Schrœder van der Kolk : *Bau und Functionen der Medulla spinalis und oblongata*, 1859. — Brown-Séquard : *Recherches expérimentales sur la moelle allongée.* (Journal de physiologie, 1860.)

[redacted]

c. — Physiologie des pédoncules cérébraux.

Les pédoncules cérébraux [1] sont sensibles; leur excitation provoque des signes de douleur. Ils servent à la transmission des mouvements et spécialement des mouvements volontaires et de la sensibilité; ils servent d'intermédiaires entre les centres moteurs médullaires situés au-dessous et les centres moteurs réflexes ou volontaires des ganglions cérébraux (corps strié, tubercules quadrijumeaux, etc.) et de l'écorce des hémisphères, entre le cervelet et la substance corticale, entre les centres sensoriels et les nerfs périphériques.

Leur section complète produit une paralysie du mouvement et une paralysie (ou une diminution) de la sensibilité du côté opposé du corps. D'après Wundt, la lésion de la partie inférieure des pédoncules cérébraux abolit les mouvements volontaires, mais les mouvements dépendant des centres situés dans les ganglions cérébraux (corps strié, par exemple) peuvent encore se produire par action réflexe sous l'influence d'excitations sensitives. Si la lésion porte sur la partie supérieure des pédoncules cérébraux et le ruban de Reil, au contraire, ce sont ces derniers mouvements qui sont abolis; il y a de l'ataxie (incertitude et vacillation des mouvements), mais les mouvements volontaires persistent.

La lésion d'un pédoncule cérébral produit un *mouvement de manége* du côté opposé à la lésion; dans ce mouvement de manége, l'animal décrit un cercle de rayon variable, et le cercle parcouru serait d'autant plus petit que la lésion se rapproche davantage du bord antérieur de la protubérance et qu'elle atteint un plus grand nombre de fibres. Dans trois cas de lésion de la partie supérieure et externe du pédoncule cérébral, j'ai constaté des mouvements de *rotation sur l'axe*. La déviation des yeux et le nystagmus ont été aussi observés quelquefois.

Les lésions de l'expansion pédonculaire (couronne rayonnante

(1) L'étage inférieur des pédoncules cérébraux est constitué par les pyramides, les restes des cordons antérieurs et par des fibres provenant du pédoncule cérébelleux moyen du côté opposé; il paraît servir à la transmission motrice, sauf dans sa partie externe sensitive; la partie moyenne formée par les cordons latéraux et postérieurs et les pédoncules cérébelleux supérieurs, paraît surtout affectée à la transmission sensitive; le ruban de Reil semble composé principalement de fibres motrices.

de Reil) et surtout de son pied, produisent l'hémianesthésie du côté opposé du corps (Veyssière).

Budge a vu des contractions (réflexes?) de l'estomac, de l'intestin et de la vessie par l'excitation des pédoncules cérébraux. L'augmentation des sécrétions lacrymale et salivaire observée par Afanasieff est probablement aussi un phénomène réflexe. Le même auteur a vu la section unilatérale du pédoncule cérébral s'accompagner d'un rétrécissement des artères du côté de la section.

d. — Physiologie des tubercules quadrijumeaux.

Contrairement à l'opinion de la plupart des physiologistes, j'ai toujours vu la piqûre des tubercules quadrijumeaux [1] antérieurs s'accompagner de cris, d'agitation et de signes indubitables de douleur, et cela alors que la partie superficielle des pédoncules cérébraux n'était pas atteinte par la piqûre.

Ces tubercules quadrijumeaux ont des rapports intimes avec la vision; ils contiennent les centres auxquels aboutissent les excitations visuelles et les centres des mouvements de la pupille, de l'accommodation, des mouvements du globe oculaire et peut-être aussi des mouvements de la tête et des membres dans leurs relations avec la fonction oculaire; ils représentent donc de véritables centres réflexes entre le nerf optique et les nerfs de ces différents appareils. Leur ablation produit la cécité immédiate (Flourens); si on enlève sur un pigeon les parties situées en avant de ces organes, l'iris n'en continue pas moins à se contracter et l'animal suit de l'œil et de la tête une lumière qu'on fait mouvoir devant lui. Flourens place dans les tubercules quadrijumeaux antérieurs le centre constricteur de la pupille; après leur ablation, la pupille reste immobile; chez le lapin, la section de la moitié interne du tubercule quadrijumeau antérieur (d'où naît la bandelette optique) est suivie de la dilatation et de l'im-

(1) Les tubercules quadrijumeaux reçoivent les fibres sensitives des nerfs optiques; ils envoient des fibres motrices aux nerfs des muscles de l'œil d'une part, et par le ruban de Reil, d'autre part, aux cordons moteurs de la moelle. Le trajet de ces différentes espèces de fibres est en partie croisé. D'un autre côté, ces tubercules sont en relation avec le noyau gris de la couche optique et par la couronne rayonnante de Reil avec la substance corticale du lobe postérieur du cerveau.

mobilité de la pupille (Knoll). D'après Knoll, le centre dilatateur de la pupille se trouverait aussi dans les tubercules antérieurs; leur excitation élargirait la pupille des deux côtés et surtout du côté excité, et cette dilatation ne se produirait pas quand les sympathiques ont été coupés.

Les centres des mouvements du globe oculaire appartiennent aux tubercules quadrijumeaux et probablement aux antérieurs plutôt qu'aux postérieurs, malgré l'assertion contraire de Schiff. D'après Adamuk, l'excitation du tubercule quadrijumeau antérieur droit produit la rotation à gauche des deux yeux; si la partie antérieure est seule excitée, les lignes de regard se dirigent horizontalement; si c'est la partie moyenne, les deux lignes de regard se dirigent en haut et la pupille devient plus large; si l'excitation porte plus en arrière, cette position s'unit avec la convergence des deux yeux; enfin, si la partie tout à fait postérieure est excitée, la convergence augmente, les lignes de regard se dirigent en bas et la pupille se rétrécit. Deux fois sur six cas, j'ai observé de l'exophthalmie par la lésion des tubercules quadrijumeaux.

Serres considérait les tubercules quadrijumeaux comme intervenant dans l'équilibration des mouvements. Flourens a en effet observé après leur lésion des mouvements de rotation, mais qui me paraissent tenir à la lésion des pédoncules cérébraux; ce qu'il y a de certain, c'est que leur destruction s'accompagne de troubles dans la motilité de la tête et des membres. Goltz a vu, chez la grenouille, que les mouvements pour rétablir l'équilibre du corps se faisaient encore après l'ablation des hémisphères cérébraux, mais que ces mouvements ne pouvaient plus se faire dès que les lobes optiques (tubercules quadrijumeaux) étaient détruits.

Budge et Valentin ont observé des contractions (réflexes?) de la vessie, de l'estomac et de l'intestin par l'excitation de ces tubercules.

e. — Physiologie des couches optiques.

La lésion des couches optiques (¹), contrairement aux assertions de quelques physiologistes, ne paraît pas déterminer de douleur, à

(¹) Les couches optiques paraissent recevoir des fibres sensitives émanant des nerfs optiques (et, d'après Luys, des autres nerfs des sens) et des cordons de la moelle. Elles envoient des fibres à l'écorce des hémisphères et de la corne d'Ammon.

moins qu'on n'ait lésé les pédoncules cérébraux ou les tub
quadrijumeaux antérieurs. Cette lésion peut produire des
ments de manége ; la rotation se fait du côté sain, si l
postérieure est lésée ; du côté opéré, si c'est la partie an
(Schiff); il se pourrait cependant que ces phénomènes
dus à la lésion des pédoncules cérébraux ou de leur pr
ment. Serres plaçait dans les couches optiques les cen
mouvements des membres antérieurs ; dans les corps stri
des membres abdominaux ; mais les faits pathologiques
rimentaux n'ont pas confirmé cette manière de voir.
Nothnagel, la destruction des deux couches optiques n'al
les mouvements volontaires ; il n'y a ni paralysie ni ane
le seul phénomène observé serait une situation anorm
extrémités ; aussi il se rattache à l'opinion de Meynert,
lequel les couches optiques représenteraient les centres d
vements combinés qui se produisent inconsciemment et
tion réflexe par suite des impressions qui partent des
sensibles périphériques et qui vont aboutir à ces couches.
(*Psychologie physiologique*) adopte à peu près la même o
Les couches optiques se comporteraient avec la surface
tactile comme les tubercules quadrijumeaux avec le nerf o
elles seraient les centres de relation des impressions tac
des mouvements de locomotion. Les impressions tactiles (e
culaires ?) ainsi transmises à la couche optique seraient i
cientes et provoqueraient seulement, par action réflexe
mouvements de certains groupes de muscles. Les transmi
motrices qui partent de la couche optique paraissent sub
croisement partiel ; d'après les déviations que subissent l
verses parties du corps après la lésion d'une seule couche
que, on peut admettre que les fibres pour les inspirateurs
extenseurs sont croisées, et qu'il n'y a pas de croisement
les rotateurs de la colonne vertébrale, les pronateurs et le
chisseurs; la couche optique droite contiendrait alors les ce
pour les fléchisseurs et les pronateurs du côté droit, les ce
pour les extenseurs et les inspirateurs du côté gauche.

Contrairement aux opinions précédentes, Luys, s'appu
surtout sur des faits anatomiques et pathologiques, conside
couche optique comme un véritable *sensorium commune*;
serait « le véritable centre de réception pour les impre
« sensorielles et l'avant-dernière étape où elles sont conce

« avant d'être irradiées vers la périphérie corticale ». Les impressions tactiles, dolorifères, optiques, acoustiques, olfactives, gustatives, génitales, viscérales, arriveraient ainsi à des amas de substance grise dont la localisation dans la couche optique a été faite par Luys pour quelques-uns d'entre eux ; le centre tactile, le plus volumineux, occuperait la partie centrale de la couche optique ; les centres olfactifs, optiques, acoustiques, seraient échelonnés d'arrière en avant en dedans du centre tactile. Ces impressions seraient, non-seulement concentrées dans la couche optique, elles y seraient modifiées ; « elles subiraient « là un nouveau temps d'arrêt et une nouvelle élaboration sur « place ; elles se dépouilleraient de plus en plus du caractère « d'ébranlements purement sensoriels pour revêtir, en se méta- « morphosant, une forme nouvelle ; se rendre en quelque sorte « plus assimilables pour les opérations cérébrales ultérieures et « devenir ainsi progressivement les agents *spiritualisés* (?) de « l'activité des cellules cérébrales. » (Luys, *Système nerveux cérébro-spinal*, page 345.)

f. — Physiologie des corps striés.

L'excitation des corps striés (¹) ne s'accompagne d'aucun signe de douleur et ne détermine que des phénomènes de motilité. Les corps striés représentent en effet des centres pour les muscles du côté opposé du corps (Luys). Chez l'homme, la lésion d'un corps strié s'accompagne toujours d'une paralysie du mouvement du côté opposé, et suivant l'étendue et la place de la lésion, la paralysie atteint plus ou moins complétement certaines catégories de muscles (extrémités postérieures ou antérieures, facial, etc.). Chez le lapin, l'ablation d'un corps strié ne produit pas de paralysie ; l'ablation des deux corps striés abolit les mouvements volontaires, mais les mouvements de la marche et de la course sont encore possibles. D'après Carville et Duret, chez le chien, l'ablation complète du noyau caudé rend impossibles les mouvements de progression ; l'animal décrit alors un mouvement de manége en pivotant sur les pattes du côté opposé à la lésion ;

(¹) Ce qu'on appelle le *noyau caudé* du corps strié correspond au noyau intra-ventriculaire ; le *noyau lenticulaire* au noyau extra-ventriculaire ; l'expansion pédonculaire (capsule interne) sépare ces deux noyaux.

ı motilité qui en résultent (mouvements de rotation, incurvation e la tête, etc.) sont très-inconstants (Olivier et Leven). Les phéomènes qui se présentent après des lésions plus profondes sont ıssi assez variables. Wagner a constaté une tendance des extréıités postérieures à se mettre dans l'extension, une torsion du ou en spirale, un tremblement persistant, des vomissements, etc. près l'ablation de la partie antérieure du *vermis*, les animaux ımbent en avant; après l'ablation de la partie postérieure, ils xécutent des mouvements rétrogrades; après la lésion d'un ul côté, l'animal tombe du côté opposé et il présente souvent n mouvement de rotation autour de l'axe, mouvement qui fait tantôt du côté sain, plus souvent du côté lésé. La réfrigéıtion par la rhigolène (Mitchell et Richardson) produit chez les igeons un renversement de la tête en arrière et suivant la durée 'action du froid un mouvement en avant (mouvement de vol) t plus tard un mouvement de recul; ce mouvement en arrière e se produit pas chez les lapins.

Enfin, l'excitation galvanique du cervelet (lapin) détermine s mouvements du globe oculaire (Ferrier), mouvements qui se ontrent aussi chez l'homme en même temps que des phénomènes vertige, si on fait passer un courant constant d'une apophyse stoïde à l'autre (Purkinje, Remak, Benedikt, Brenner, Hitzig); is on peut se demander dans ce cas si le courant n'a pas dif- jusqu'aux tubercules quadrijumeaux; il est vrai que la piqûre le du cervelet peut déterminer des mouvements du globe laire (Leven et Olivier).

extirpation du cervelet donne des résultats beaucoup plus ordants (pigeons). On observe dans ces cas une véritable e du mouvement; les mouvements volontaires ne sont pas

---

ıtance grise de la protubérance et les pédoncules cérébraux par les 'ules cérébelleux moyens et, par les pédoncules cérébraux, avec la sub- corticale de l'hémisphère opposé; 3° avec le corps rhomboïdal, les ıles cérébelleux supérieurs et par ces pédoncules avec la couche la racine sensitive du trijumeau et la substance corticale antées hémisphères du côté opposé; 4° avec les tubercules quadriju- u même côté par la valvule de Vieussens; 5° par des fibres com- ɛs, avec la substance corticale de l'hémisphère opposé du cervelet ême hémisphère. Cette substance corticale, constituée par les ›ipolaires de Purkinje, représente donc une surface à laquelle ıt, d'une part, des fibres provenant de toutes les surfaces sen- corps, e , d'autre part, des fibres provenant de toute la région ıotrice des hémisphères cérébraux (partie antérieure des hémi-

abolis, mais ils se font sans règle et d'une façon incer l'animal s'agite continuellement, mais il ne peut ni marc voler, et le trouble et le désordre des mouvements sont d plus prononcés que l'extirpation est plus complète (*fig.* 25



Fig. 252. — Pigeon après l'ablation du cervelet. (Dalton.)

Les faits précédents prouvent que le cervelet est en rapport a motricité; mais en quoi consiste son influence et comment s'e t-elle? Cette influence n'est pas, quoi qu'en dise Luys, qui place d cervelet l'origine de la force motrice ([1]), une influence motrice di En effet, l'affaiblissement de la force musculaire qu'on observe l'extirpation du cervelet est loin d'être aussi prononcé que l' Luys, et les contractions musculaires sont quelquefois aussi énerg qu'avant l'opération. Ce qui caractérise surtout les animaux opérés, qui avait frappé Flourens et frappe la plupart des expérimenta c'est l'irrégularité, l'incohérence, l'incoordination des mouvem aussi Flourens attribue-t-il au cervelet la propriété de coordonne mouvements voulus ou excités par d'autres centres nerveux; après

---

([1]) Le cervelet « peut être considéré comme une source d'innerv « constante, et provisoirement, comme l'appareil dispensateur unive « cette force nerveuse spéciale (sthénique) qui se dépense en q « point que ce soit de l'économie, chaque fois qu'un effet moteur v « taire se produit ». (Luys, *Système nerveux*, page 429.)

[redacted]

ablation, la volonté, les sensations, les perceptions subsistent; seule la coordination des mouvements ne peut plus se faire. L'hypothèse de Flourens s'accorde assez bien avec les faits; mais par quel mécanisme s'effectue cette coordination? Lussana a cherché à prouver que le cervelet agissait comme siége du *sens musculaire;* « l'animal ne sent « plus la solidité du terrain auquel il doit s'appuyer pour la station et « pour la locomotion; il ne sent plus la résistance du milieu qui doit « lui servir pour voler ou pour nager; il ne sent plus l'impénétrabilité « des objets qui peuvent s'opposer à sa marche; il ne sent plus la pe- « santeur des corps qu'il lui faut saisir ou porter; » ce n'est donc que comme siége du sens musculaire que le cervelet serait l'organe coordinateur des mouvements volontaires. L'interprétation de Lussana me paraît plus précise et plus vraie que l'hypothèse un peu vague de Flourens; mais les sensations musculaires ne sont pas les seules qui interviennent dans les mouvements coordonnés de la marche, du vol, etc., ou dans l'équilibre de la station; les sensations tactiles, visuelles, auditives peut-être, et peut-être aussi les impressions partant des conduits demi-circulaires, interviennent encore dans ces mouvements, et il est probable, d'après les expériences physiologiques et les données anatomiques qui les confirment, que toutes ces impressions sensitives viennent aboutir à la substance corticale cérébelleuse, et là, par l'intermédiaire des cellules de Purkinje, se mettent en rapport d'une part avec les centres moteurs volontaires de l'écorce cérébrale, de l'autre avec les centres moteurs réflexes des ganglions cérébraux (tubercules quadrijumeaux, substance grise des pédoncules cérébraux, etc.). Dans cette hypothèse, le cervelet ne serait affecté exclusivement ni à la sensibilité, ni au mouvement, il relierait seulement l'une à l'autre et établirait entre les deux les relations nécessaires pour donner aux mouvements exécutés leur précision et leur ensemble.

Ferrier, en se basant sur ses expériences d'électrisation cérébrale, fait du cervelet un centre moteur oculaire; le lobe moyen présiderait aux mouvements de convergence et de divergence des globes oculaires, les lobes latéraux aux mouvements d'élévation, d'abaissement et de rotation autour d'un axe antéro-postérieur; le nystagmus (oscillation des globes oculaires) ne serait autre chose qu'une affection épileptiforme des centres oculo-moteurs du cervelet. Des troubles divers de la vision se présentent du reste assez souvent dans les affections du cervelet. Magendie admettait dans le cervelet un centre qui tend à pousser l'animal en avant et dont l'action serait contre-balancée par le centre antagoniste (centre de recul), qui, d'après lui, existerait dans le corps strié; les faits expérimentaux n'ont pas confirmé l'assertion de Magendie. L'action du cervelet sur les mouvements involontaires (Willis) et les fonctions de la vie organique est tout aussi peu démontrée, sauf cependant sur le vomissement.



te, a été observé par Schiff et Brown-Sequard à la suite de lésions protubérance et des tubercules quadrijumeaux antérieurs. Je l'ai

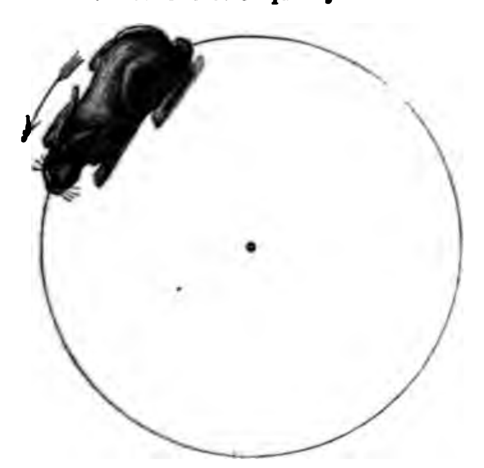


Fig. 253. — Mouvements de manège.

vé après certaines lésions des couches optiques.

Mouvement de rotation sur l'axe. — Dans ce mouvement, l'animal



Fig. 254. — Mouvement de rotation en rayon de roue.

e autour d'un axe longitudinal qui traverserait le corps dans sa teur; la rotation commence par une chute de l'animal sur un côté.

Le cervelet ne peut être considéré non plus comme un centre de sensibilité générale, une sorte de *sensorium commune* (Pourfour du Petit, Foville), ni comme un centre intellectuel ou instinctif. L'hypothèse de Gall, qui fait du cervelet l'organe de l'instinct génésique ou du sens génital, ne peut être non plus adoptée, quoiqu'on puisse invoquer en sa faveur quelques faits de physiologie et d'anatomie comparée et quoiqu'elle ait été reprise dans ces derniers temps par Lussana qui y place à la fois le sens musculaire et le *sens érotique*.

Herbert Spencer a fait *à priori* une hypothèse ingénieuse sur les fonctions comparées du cervelet et des hémisphères. Les actions nerveuses peuvent être rattachées entre elles par des relations de coexistence ou de succession; elles peuvent être simultanées ou successives, coordonnées dans l'espace ou dans le temps. Le cervelet serait l'organe des coordinations dans l'espace, les hémisphères cérébraux, les organes des coordinations dans le temps. Cette hypothèse, qui se rattache par quelques points à l'hypothèse admise plus haut sur les fonctions du cervelet, ne peut être discutée ici.

La lésion des pédoncules cérébelleux détermine des phénomènes particuliers suivant le pédoncule lésé et l'étendue de la lésion, phénomènes qui se confondent en partie avec ceux qui se produisent par la lésion du cervelet proprement dit. La section d'un pédoncule cérébelleux moyen détermine la rotation autour de l'axe; si la lésion atteint la partie postérieure, la rotation se fait du côté opéré (Magendie); elle a lieu du côté opposé à la lésion (Longet) si ce sont les parties antérieures qui sont atteintes (Schiff, Cl. Bernard). Après la lésion des pédoncules cérébelleux inférieurs, le corps s'incurve en arc du côté lésé (Rolando, Magendie). Celle des pédoncules cérébelleux supérieurs se confond avec la lésion des pédoncules cérébraux.

Mouvements de rotation. — Certaines lésions cérébrales donnent lieu à des mouvements de rotation particuliers dont l'interprétation est très-difficile. Ces mouvements de rotation se présentent sous quatre formes principales.

1° *Mouvement de manége.*— Dans ce cas (*fig.* 253, p. 1009), l'animal décrit un cercle de plus ou moins grand rayon; la rotation se fait tantôt dans le même sens que les aiguilles d'une montre, tantôt en sens inverse comme dans la figure; elle s'observe principalement après la lésion des pédoncules cérébraux;

2° *Mouvement de rotation en rayon de roue* (*fig.* 254, p. 1009). Dans ce cas, l'animal tourne autour du train postérieur qui sert d'axe, la tête se trouvant à la circonférence du cercle. Ce mode de rotation, assez rare



:este, a été observé par Schiff et Brown-Sequard à la suite de lésions
a protubérance et des tubercules quadrijumeaux antérieurs. Je l'ai

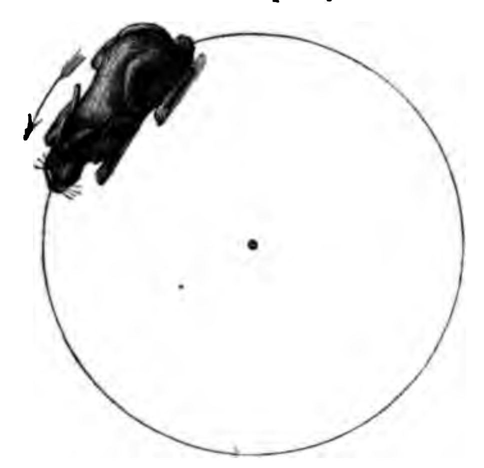


Fig. 253. — Mouvements de manége.

ervé après certaines lésions des couches optiques.
.° *Mouvement de rotation sur l'axe.* — Dans ce mouvement, l'animal



Fig. 254. — Mouvement de rotation en rayon de roue.

rne autour d'un axe longitudinal qui traverserait le corps dans sa
gueur; la rotation commence par une chute de l'animal sur un côté,

et le sens de la rotation est déterminé par le côté par lequel a débuté la chute. Ce mouvement se rencontre dans les lésions des pédoncules cérébelleux moyens; je l'ai observé par la lésion de la partie supérieure et externe des pédoncules cérébraux.

4° Carville et Duret ont observé une fois, après l'ablation du noyau caudé, un mouvement circulaire, mais se distinguant du mouvement de manége en ce que l'animal décrivait un cercle avec les pattes saines d'un côté du corps, tandis que les pattes de l'autre côté (paralysé) servaient de pivot.

Ces mouvements de rotation sont souvent très-rapides et présentent la plupart du temps un caractère particulier; il semble que les animaux soient poussés à les accomplir par une force intérieure à laquelle ils ne peuvent résister, d'où le nom de mouvements *irrésistibles* qui leur a été donné (*Zwangbewegungen*). Leur interprétation est très-controversée. Un premier fait, c'est que les mouvements de manége et de rotation sur l'axe ne peuvent tenir à une paralysie soit d'un côté du corps (Lafargue, Serres), soit de certains groupes de muscles (Schiff). En effet, la plupart du temps les muscles ont conservé leur énergie contractile, comme on peut s'en assurer facilement; la paralysie ne peut être invoquée que pour la rotation en rayon de roue (dans certains cas) et pour la forme de rotation circulaire observée par Carville et Duret. La contracture a été invoquée par Brown-Sequard, et paraît exister en effet comme cause déterminante des mouvements de rotation, que ces contractures soient de nature réflexe, comme le croit Brown-Sequard, ou qu'elles soient simplement l'effet d'une excitation directe des centres moteurs correspondants; mais cette contracture n'existe pas toujours et ne peut expliquer un grand nombre de cas. D'après Gratiolet, Henle la rotation serait due à des convulsions des muscles oculaires et au vertige qui accompagne la déviation des yeux; ces convulsions oculaires accompagnent en effet fréquemment les mouvements de rotation, et Hitzig a cherché à montrer que le vertige, quel que soit son mode de production, peut déterminer des phénomènes de rotation; ainsi chez le lapin, l'électrisation de la partie postérieure de l'encéphale produit des mouvements de rotation sur l'axe. Il y aurait donc dans ces mouvements un trouble unilatéral de l'innervation cérébelleuse, ou autrement dit un défaut de relation entre les impressions sensitives et les centres moteurs correspondants.

Magendie admettait dans les différentes régions cérébrales des organes ayant une action antagoniste sur les mouvements; dans le corps strié, un centre de recul; dans le cervelet, un centre de progression en avant; dans le pédoncule cérébelleux gauche, un centre entraînant le corps à gauche; dans le droit, un centre l'entraînant à droite; l'équilibre du corps dans la station et dans la marche se maintiendrait dans ce cas par la neutralisation de l'action de ces centres antagonistes; mais

que l'un d'eux vint à être détruit ou excité outre mesure (Vulpian), l'équilibre étant rompu, l'action prédominante du centre restant ou surexcité porterait le corps d'un côté ou de l'autre. C'est à cette explication que paraît aussi se rattacher Luys, qui compare ces phénomènes de rotation au phénomène physique du *tourniquet hydraulique*. C'est aussi l'interprétation qu'admet Onimus, avec quelques variantes, puisqu'il fait dépendre les mouvements de manége d'une exagération fonctionnelle d'une moitié latérale du système de centres locomoteurs. Quant à la rotation sur l'axe, il l'explique par une contracture spasmodique des muscles du thorax, explication qui me paraît en désaccord avec les faits et en particulier avec les expériences citées plus haut de Hitzig ([1]).

Bibliographie. — Brown-Séquard : *Notes sur les mouvements rotatoires.* (Journal de physiologie, 1860.) — Wagner : *Recherches sur les fonctions du cerveau.* (Journal de physiologie, 1861.) — Lussana : *Leçons sur les fonctions du cervelet.* (Journal de physiologie, 1862.) — Leven et A. Ollivier : *Recherches sur la physiologie et la pathologie du cervelet.* (Archives de médecine, 1862.) — Leven : *Nouvelles Recherches sur la physiologie et la pathologie du cervelet.* (Gazette médicale, 1865.)

h. — Physiologie des hémisphères cérébraux.

Les hémisphères cérébraux représentent les centres des perceptions, des mouvements volontaires, d'une partie des actes instinctifs et des actes psychiques ; malheureusement, malgré des recherches nombreuses, on ne sait encore presque rien de précis sur le fonctionnement des diverses parties des hémisphères cérébraux, et si des méthodes nouvelles d'expérimentation (injec-

---

([1]) La théorie complète de ces mouvements de rotation me paraît impossible à faire dans l'état actuel de la science. Je crois devoir citer ici un cas dans lequel l'analyse physiologique des stades successifs d'un mouvement de manége s'est produite sous mes yeux avec une très-grande netteté. L'animal décrivait un petit cercle de manége, le côté droit tourné vers le centre, non par un mouvement continu, mais *en trois temps*, par petits sauts séparés régulièrement par un intervalle de repos ; à chaque saut, il décrivait un tiers de cercle ; chaque temps se composait des mouvements suivants : d'abord il y avait un tremblement de la mâchoire inférieure ; puis l'oreille gauche se mouvait et se dirigeait en avant ; la tête s'inclinait peu à peu à droite d'une façon presque insensible ; puis, à un moment donné, l'animal la portait à droite et en bas par un mouvement brusque, de façon à la placer presque à angle droit avec le corps, et immédiatement sautait de façon à décrire un tiers de cercle ; il restait alors immobile et après quelques secondes les mêmes phénomènes se reproduisaient. (Beaunis : *Note sur l'application des injections*, etc. Gazette médicale de Paris, 1872, page 397.)

tions interstitielles de l'auteur, él
permettent d'entrevoir le moment
des conclusions précises, ce mo
les travaux récents publiés sur ce
qu'avec une extrême réserve.

L'ablation des hémisphères cérébra
Flourens, Longet, Vulpian, Voit, etc.,
au point de vue des fonctions généra
tion peut être exécutée sur des gr
mammifères, et dans tous ces cas les
tement concordants.

Grenouille. — La grenouille a l'att
lement l'immobilité ; elle ne fait d'a
sont sollicités par une provocation e
et ne cherche pas à saisir les insecte
on introduit un peu de viande dan
diatement ; si on pince le pourtour
fuit en rampant ; placée dans l'eau,
natation parfaitement coordonnés ;
Elle a conservé le sens de l'équilibre
et qu'on incline la planchette, dès
qu'elle est sur le point de tomber,
équilibre (Goltz); si on passe douce
entre les épaules, elle pousse un c
l'excitation cutanée se reproduit (Go
taté que, si les nerfs optiques sont c
obstacles placés au-devant d'elle.

Pigeons. — Chez les pigeons, l'abl
d'une sorte de sommeil (*fig.* 255, p. 1
mobilité la plus complète, sauf les m
irrite, ils paraissent s'éveiller, ils ouv
remuent un peu, puis retombent da
volent; ils marchent quand on les po
en un mot, les sensations paraisse
ments ; seulement les perceptions
geons ainsi opérés peuvent vivre l
nourrir ; Voit en a conservé plus d
sorte de régénération nerveuse au b

Mammifères. — Chez les mammif
observés, seulement l'opération est
les désordres produits ne tardent pa

En résumé, les mouvements spont
les seuls mouvements qui se produ

excitations extérieures ; en outre, comme le fait remarquer Onimus, les mouvements ont un caractère de nécessité, de fatalité, pour ainsi



Fig. 255 — Pigeon après l'ablation des lobes cérébraux. (Dalton.)

dire, qui manque aux mouvements, toujours un peu capricieux, de l'animal intact ; leur type est plus normal, plus régulier, se rapproche plus d'un pur mécanisme. Il y aurait peut-être lieu cependant de faire à ce sujet certaines réserves. L'anesthésie localisée des hémisphères produit le même effet que leur ablation. Chez l'homme, les lésions des hémisphères produisent la paralysie du côté opposé du corps.

Les deux hémisphères ne paraissent pas avoir une activité fonctionnelle égale ; en général, l'hémisphère gauche l'emporte en volume sur l'hémisphère droit ; ses circonvolutions sont plus compliquées, il contiendrait plus de substance grise (Ogle), et dans quelques cas, on a trouvé ces rapports renversés chez les gauchers ; on retrouve en somme pour le cerveau l'inégalité qu'on constate souvent pour les yeux, pour les membres, pour les deux côtés du corps (voir plus loin).

La localisation des diverses fonctions des hémisphères cérébraux est encore très-peu avancée ; cependant, sans parler de la phrénologie de Gall, qui ne repose sur aucune base sérieuse, il a été fait dans ces derniers temps quelques tentatives de localisation qui ont donné des résultats assez positifs. Jusqu'ici, cependant, on n'a pu localiser avec une certaine précision que des centres moteurs ; ces centres sont les suivants :

1° *Centre du langage articulé.* — Le centre des mouvements du langage articulé se trouve dans les lobes antérieurs (Bouillaud), et a

été localisé d'une façon plus précise encore par Dax dans le lobule de l'*insula*, par Broca dans la troisième circonvolution frontale *gauche*; il n'y a pas, du reste, dans cette région un seul centre, mais plusieurs centres voisins qui paraissent jouer un rôle dans les divers modes d'expression graphique ou verbale de la pensée ; en effet, les lésions de cette circonvolution s'accompagnent, tantôt de perte de la mémoire des mots ou des signes graphiques qui les rendent , tantôt d'une sorte d'ataxie motrice qui empêche le malade de prononcer ou d'écrire le mot qu'il a dans la mémoire, ou qui lui fait prononcer ou écrire un mot différent de celui qu'il a en idée, affections confondues sous le nom d'*aphasie* et d'*agraphie*. Il y aurait donc, en se basant sur l'analyse physiologique, groupés dans cet espace restreint du cerveau, des centres pour la mémoire des mots et des signes, des centres pour les mouvements de la parole et de l'écriture, et enfin des centres ou des fibres associant l'activité fonctionnelle des premiers centres à celle des seconds. Chez les gauchers on a constaté, dans quelques cas d'aphasie, que la lésion était située dans l'hémisphère droit. Il semble donc qu'originairement les deux hémisphères fonctionnent symétriquement ; mais peu à peu l'un d'eux s'exercerait plus que l'autre et arriverait ainsi à fonctionner seul, l'autre restant inactif.

2° *Centres moteurs de Hitzig et Ferrier.* — Ces centres, en admet-

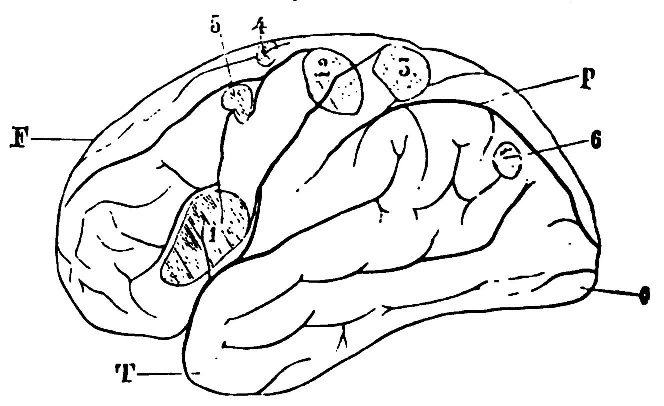


Fig. 256. — Situation probable des centres moteurs chez l'homme.

tant leur existence qui ne me paraît pas absolument démontrée, ne peuvent être localisés chez l'homme ; cependant, en se basant sur les

Fig. 256. — F, lobe frontal. — P, lobe pariétal. — O, lobe occipital. — T, lobe temporal. — 1, centre des mouvements de la langue et des mâchoires (langage articulé). — 2, centre des mouvements du membre supérieur. — 3, centre pour le membre inférieur. — 4, centre pour les mouvements de la tête et du cou. — 5, centre pour les mouvements des lèvres. — 6, centre pour les mouvements des yeux.

expériences de Ferrier sur le singe, on peut. et c'est ce qu'ont fait Carville et Duret, déterminer leur situation probable chez l'homme ; la figure 256 représente cette situation pour chacun de ces centres. D'après O. Soltmann, l'excitation électrique ne produirait pas de mouvements chez le chien nouveau-né ; les mouvements ne se montreraient que onze à douze jours après la naissance.

Ces essais de localisation cérébrale sont jusqu'ici les seuls qui puissent s'appuyer sur des bases physiologiques, et les seuls par conséquent qu'il soit utile de mentionner.

Dans les conditions ordinaires, la *température du cerveau* est plus élevée que celle du sang artériel (R. Heidenhain). Schiff a fait sur ce sujet des recherches très-intéressantes et montré que les excitations sensorielles (tactiles, visuelles, auditives, etc.) et l'activité psychique s'accompagnent d'une augmentation de la température cérébrale, augmentation indépendante de la circulation. J. S. Lombard, dans des recherches sur la température extérieure de la tête chez l'homme, est arrivé aux mêmes résultats.

Circulation cérébrale et mouvements du cerveau. — Le cerveau est contenu dans une boîte osseuse dont la capacité totale est invariable. La substance cérébrale ne peut subir que des variations de volume insignifiantes ; en effet, une pression de 180 millimètres de mercure, qui anéantit l'existence, détermine une diminution insensible du volume du cerveau. La quantité de sang qui se trouve dans le crâne, au contraire, varie pendant la vie ; si on applique au crâne une couronne de trépan et qu'on remplace la rondelle osseuse par une lame de verre, on voit les veines de la pie-mère se dilater et se rétrécir, suivant qu'on comprime ou qu'on laisse libres les veines de retour (Donders). Il fallait donc dans le crâne une disposition qui rendît possibles ces variations de quantité du sang ; c'est à ce besoin que correspondent les espaces sous-arachnoïdiens et le liquide céphalo-rachidien qui les remplit. Tous ces espaces communiquent entre eux et avec les espaces sous-arachnoïdiens de la moelle et, dès que la quantité de sang augmente dans le crâne, une quantité correspondante de liquide céphalo-rachidien s'échappe, pour lui faire place, dans la cavité rachidienne dont les parois ne sont pas inextensibles comme celles du crâne. Dans les conditions normales, le déplacement de ce liquide a lieu surtout dans les régions où il est le plus abondant, c'est-à-dire à la base du cerveau, et c'est là que se font sentir les influences qui agissent sur la circulation cérébrale ; mais quand les parois du crâne sont encore molles, comme les fontanelles du nouveau-né, ou quand le crâne est ouvert et le cerveau mis à nu, les variations de la circulation et de la pression cérébrales deviennent sensibles sur ces points au doigt et à la vue et se traduisent par une expansion et un retrait qui constituent ce qu'on appelle les mouvements du cerveau. Ces mouve-

ments d'expansion sont de deux espèces : les uns coïncident avec la systole ventriculaire et tiennent aux pulsations des artères de la base; les autres, plus prononcés, sont isochrones à l'expiration ; tous deux du reste reconnaissent pour cause immédiate une augmentation de pression sanguine dans les vaisseaux du cerveau, et comme cette pression est supérieure à la pression atmosphérique, elle détermine un soulèvement du cerveau, comme la peau se soulève dans une ventouse dans laquelle on fait le vide.

Bibliographie. — BOUILLAUD : *Recherches expérimentales sur les fonctions du cerveau.* (Journal de physiologie, 1830.) — AUBURTIN : *Considérations sur les localisations cérébrales.* — FONT-RÉAULX : *Localisation de la faculté spéciale du langage articulé*, 1866. — GOLTZ : *Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentra des Frosches*, 1869. — CARVILLE : *Lésions cérébrales.* (Gazette médicale, 1870.) — ONIMUS : *Recherches expérimentales sur les phénomènes consécutifs à l'ablation du cerveau.* (Journal de l'anatomie, 1871.) — M. SCHIFF : *Recherches sur l'échauffement des nerfs des centres nerveux.* (Archives de physiologie, 1870.) — FERRIER : *Recherches expérimentales sur la physiologie et la pathologie cérébrales*; traduit par DURET, 1874. — E. HITZIG : *Untersuchungen über das Gehirn*, 1874. — C. CARVILLE et DURET : *Sur les Fonctions des hémisphères cérébraux.* (Archives de physiologie, 1875.)

Bibliographie générale de l'encéphale et des centres nerveux. — TH. WILLIS : *Cerebri anatome*, 1744. — F. J. GALL : *Sur les Fonctions du cerveau*, 1822. — FLOURENS : *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, 1824. — E. SERRES : *Anatomie comparée du cerveau*, [illegible]. — MAGENDIE : *Mémoire sur le cerveau.* (Journal de physiologie, 1828.) — PARCHAPPE : *Recherches sur l'encéphale*, 1836. — P. N. GERDY : *Recherches sur l'encéphale*, 1838. — LEURET et GRATIOLET : *Anatomie comparée du système nerveux*, 1839-1857. — R. WAGNER : *Kritische und experimentelle Untersuchungen über die Hirnfunctionen*, 1858. — BROWN-SEQUARD : *Course of lectures on the physiology and pathology of the central nervous system*, 1860. — BEAUNIS : *Note sur l'application des injections interstitielles à l'étude des fonctions des centres nerveux.* (Gazette médicale de Paris, 1872.) — POINCARÉ : *Leçons sur la physiologie du système nerveux*, 1873. — H. NOTHNAGEL : *Experimentelle Untersuchungen über die Functionen des Gehirns*, 1873 et 1874. — LÉPINE : *De la Localisation dans les maladies cérébrales*, 1875.

4. — PSYCHOLOGIE PHYSIOLOGIQUE.

1. — BASES PHYSIOLOGIQUES DE LA PSYCHOLOGIE.

1° Toutes les manifestations psychiques sont liées à l'existence et à l'activité de la substance nerveuse du cerveau. Le cerveau ne sécrète pas la pensée, comme le dit une phrase célèbre, car on ne peut assimiler une sécrétion à un fait de conscience; mais il est aussi indispensable à la production de la pensée que le foie à la production de la bile.

2° L'activité cérébrale peut être *consciente* ou *inconsciente*. Il faut remarquer à ce sujet que la séparation des phénomènes psychiques et phénomènes conscients et phénomènes inconscients ne semble pas aussi tranchée qu'on l'admet généralement. Un grand nombre d'actes cérébraux, primitivement conscients, deviennent inconscients par l'ha-

bitude (voir page 304) ou par leur faible degré d'intensité relativement à d'autres actes. L'activité cérébrale, en un instant donné, représente un ensemble de sensations, d'idées, de souvenirs, dont quelques-uns seulement sont saisis par la conscience d'une façon assez forte pour que nous en ayons une perception nette et précise, tandis que les autres ne font que passer sans laisser de traces durables ; les premiers pourraient être comparées aux sensations nettes et distinctes que donne la vision dans la région de la tache jaune, les autres aux sensations indéterminées que fournit la périphérie de la rétine. Aussi arrive-t-il très-souvent que dans un processus psychique, composé d'une série d'actes cérébraux successifs, un certain nombre de chaînons intermédiaires vient à nous échapper. Quoiqu'il soit de toute évidence que ces actes intermédiaires se produisent peu à peu, par l'habitude nous en arrivons à négliger tout ce qui constitue le mécanisme même du processus cérébral pour ne plus voir que l'acte initial et l'acte terminal ; ainsi dans la parole, dans l'écriture, nous négligeons la série d'opérations intellectuelles intermédiaires entre l'idée initiale et la formation du signe verbal ou écrit qui la représente pour ne nous occuper que de cette idée et de son signe, et cependant, au début, nous avions eu conscience de chacune des opérations successives de ce mécanisme si compliqué. Cette *inconscience*, reconnue déjà, sinon formellement admise, par plusieurs philosophes (*perceptions insensibles* de Leibnitz, *conscience latente* d'Hamilton), joue le plus grand rôle en psychologie ; il me paraît très-probable que la plus grande partie des phénomènes qui se passent ainsi en nous se passent à notre insu, et ce qu'il y a d'important c'est que ces sensations, ces idées, ces émotions, auxquelles nous ne faisons aucune attention, peuvent cependant agir comme excitants sur d'autres centres cérébraux et devenir ainsi le point de départ *ignoré* de mouvements, d'idées, de déterminations *dont nous avons conscience*. Ceci s'accorderait du reste avec cette hypothèse, émise plus haut (page 306), que toutes les actions nerveuses sont primitivement conscientes et deviennent inconscientes par la répétition et l'habitude.

3° L'organisation cérébrale, condition nécessaire des phénomènes psychiques, peut se modifier continuellement sous l'influence des impressions venues soit de l'extérieur, soit de notre corps lui-même. Ces modifications peuvent n'être que temporaires, et le centre nerveux peut, une fois l'excitation passée, revenir à son équilibre primitif ; mais si l'excitation atteint une certaine intensité ou se produit dans certaines conditions, la modification une fois produite peut devenir permanente, et ce centre nerveux ainsi *modifié* réagit autrement qu'il ne l'aurait fait avant la modification.

A l'organisation innée (voir plus loin) se superpose donc une organisation acquise qui varie continuellement de la naissance à la mort

sous l'influence des impressions sensitives. Cette organisation acquise n'est autre chose que ce qu'on appelle *habitude*.

4° Quoique la question des localisations cérébrales soit encore dans l'enfance, on peut affirmer que les divers modes d'activité psychique ont pour organes des parties différentes du cerveau ; les régions qui commandent les mouvements sont distinctes de celles qui servent à la réception des impressions sensitives, celles-ci de celles qui engendrent les idées, etc., Il y a donc, quoique leur siége et leur nombre n'aient pu encore être déterminés, une série de fonctions cérébrales et d'organes cérébraux correspondant à ces fonctions.

5° Le cerveau de l'enfant nouveau-né contient les différents organes des fonctions cérébrales ; seulement l'existence de ces différents organes n'implique pas la possibilité de leur fonctionnement immédiat, pas plus que l'existence des ovules dans l'ovaire du fœtus n'implique la possibilité de la conception. Quelques-uns de ces organes, les centres des mouvements instinctifs, par exemple, peuvent fonctionner immédiatement, comme dans l'action de téter ; d'autres ne fonctionnent que plus tard, au fur et à mesure du développement. Ces organes cérébraux contiennent *virtuellement* une certaine quantité et une certaine qualité d'activité psychique qui pourra se manifester plus tard, plus ou moins modifiée par les impressions postérieures à la naissance : il y a donc à ce point de vue une organisation cérébrale innée, une activité psychique innée, mais il n'y a pas d'*idées innées*, car les idées ne sont que des rapports entre des perceptions, et les perceptions ne peuvent provenir que de sensations et d'impressions sensitives. L'activité psychique est innée en ce sens que les premières impressions venant du monde extérieur peuvent déterminer *immédiatement*, et en l'absence de toute expérience individuelle préalable, certains actes physiques et psychiques (mouvements instinctifs, mouvements d'expression, sensations, perceptions, etc.) ; en ce sens aussi qu'elles peuvent déterminer *rapidement* la formation de certaines idées (temps, espace), non pas sous la forme abstraite que leur donne le langage philosophique, mais sous la forme plus concrète de coexistence et de succession ; mais cette *innéité* elle-même est *acquise* ; elle n'est qu'un résultat de l'hérédité; cette organisation innée est la résultante des perfectionnements successifs des organes cérébraux dans les générations antérieures; cette activité psychique innée est la résultante des sensations, des idées, des expériences accumulées lentement, pièce à pièce, de génération en génération, et fixées par l'hérédité ; aussi le mot organisation *native* rendrait beaucoup plus justement la pensée que le mot innée. Mais il ne faudrait pas croire avec Helvétius que toutes les intelligences sont naturellement et essentiellement égales, qu'elles reçoivent tout du dehors, et que leur inégalité provient de l'inégalité des acquisitions. L'inégalité intellectuelle est native comme

[redacted]

l'inégalité physique et dépend de l'inégalité cérébrale. Notre activité psychique comprend donc deux choses : une activité virtuelle, native, héréditaire, dépendant de la race, une activité acquise, individuelle, dépendant de l'expérience personnelle et de l'éducation, en prenant ce mot dans son acception la plus large, et la part des deux facteurs doit être faite dans le domaine intellectuel comme dans le domaine physique.

6° Tous les phénomènes psychiques se réduisent, en dernière analyse à un élément initial, la sensation ; les sensations forment le matériel brut de l'intelligence ; elles sont le point de départ des perceptions, des idées, des volitions, des mouvements, en un mot, de tout ce qui constitue l'activité psychique.

2. — DES SENSATIONS.

Les sensations sont des états de conscience déterminés par des excitations provenant soit de l'extérieur, soit de notre propre corps. Quand ces états de conscience sont rapportés par nous à la cause qui leur a donné naissance, elles prennent le nom de *perceptions*.

1° *Intensité des sensations. Loi psycho-physique.*

L'intensité de la sensation dépend de deux conditions : 1° de l'intensité de l'excitation ; 2° du degré d'excitabilité de l'organe sensitif au moment de l'excitation ; aussi deux sensations d'égale intensité peuvent-elles provenir d'excitations d'intensité inégale, et de même deux excitations égales peuvent déterminer deux sensations d'inégale intensité. Mais, même en supposant l'excitabilité égale, l'intensité de la sensation n'augmente pas proportionnellement à l'intensité de l'excitation ; on éprouve une vive sensation lumineuse si on allume une bougie dans l'obscurité ; l'introduction d'une bougie, dans une chambre très-éclairée, ne détermine aucune augmentation de la sensation lumineuse. Quand l'excitation devient double, triple, quadruple, etc., la sensation ne devient pas double, triple, quadruple, etc ; l'expérience apprend que l'intensité de la sensation croît beaucoup plus lentement que l'excitation qui la provoque, et les recherches de Weber, Fechner, etc., ont permis de formuler la *loi psycho-physique* suivante : *la sensation croît comme le logarithme de l'excitation ;* autrement dit, quand l'excitation devient 10, 100, 1,000 fois plus considérable, la sensation devient seulement 1, 2, 3 fois plus forte.

La loi psycho-physique n'est vraie cependant que dans certaines limites ; au-dessous d'une certaine intensité d'excitation, il n'y a pas

[redacted]

certaine quantité ; on répète l'expérience un grand nombre de fois ; on fait la somme de toutes les erreurs (positives et négatives) et on divise cette somme par le nombre des essais ; le résultat donne l'erreur moyenne [1].

Le *minimum d'excitation* nécessaire pour déterminer une sensation varie naturellement suivant la nature même des sensations. On a cherché à apprécier ce minimum, et le tableau suivant représente pour les différentes sensations les valeurs trouvées par l'expérience :

Sensations tactiles : pression de $0^{gr},002$ à $0^{gr},05$;

Sensations de température : 1/8ᵉ de degré, la peau étant supposée à la température de 18°,4 ;

Sensations auditives : balle de liége de 1 milligr. de poids, tombant de 1 millim. de hauteur, à une distance de 91 millim. de l'oreille.

Sensations musculaires : raccourcissement de $0^{mill},004$ du droit interne de l'œil.

Sensations visuelles : lumière 30 fois plus faible que celle de la pleine lune, ou éclairage d'un velours noir par une bougie située à $0^{m},513$.

Les données précédentes étant connues, il est facile de trouver la valeur de la sensation S à l'aide de la formule suivante où K représente une quantité constante, r l'intensité de l'excitation, q le minimum perceptible ; on a : $S = K \log \frac{r}{q}$. Delbœuf a donné une formule un peu différente de celle de Fechner [2].

2° *Extériorité et objectivité des sensations.*

Nous rapportons nos sensations au monde extérieur ou à notre propre corps ; nos sensations ne sont primitivement que des états de conscience, et ce n'est que par l'exercice et par la comparaison des sensations diverses les unes avec les autres que nous arrivons à rapporter ces sensations à une cause déterminée. Il faut, à ce point de vue, distinguer les sensations qui, comme celles de la vue, de l'ouïe, sont *projetées* à l'extérieur, de celles qui, comme les sensations tactiles, gustatives, etc., sont rapportées à la périphérie de notre corps, et de celles qui, sous le nom de sensations internes et de besoins, sont rap-

[1] La loi psycho-physique paraît susceptible d'applications plus étendues encore aux phénomènes psychiques. Laplace avait déjà dit depuis longtemps que « la fortune morale est proportionnelle au logarithme de la fortune physique. »

[2] Voir, pour plus de détails, les traités cités dans la bibliographie, et, en particulier, les ouvrages de Fechner, Wundt et Delbœuf.

Cette distinction de notre corps et du monde extérieur repose sur les faits suivants : quand nous touchons un objet extérieur, nous n'avons qu'une seule sensation, rapportée au point du corps qui touche l'objet ; quand nous touchons un point du corps, au contraire, nous avons deux sensations, l'une au point qui touche, l'autre au point touché. Dans la distinction du moi et du non-moi, le sens musculaire, dont l'importance a été méconnue par la plus grande partie des philosophes, joue le principal rôle ; dans les sensations visuelles, auditives, etc., nous sommes *passifs* ; dans les contractions musculaires, au contraire, nous sommes *actifs* ; ces sensations s'accompagnent toujours d'une *impression d'effort* bien distincte ; à l'état de conscience — sensation musculaire — s'ajoute un autre état de conscience, d'un caractère particulier, qui nous donne la perception d'une résistance vaincue ; dans le premier cas, nous sommes un simple appareil de réception, dans le second, à la réceptivité se joint quelque chose de plus, germe obscur de l'idée du *moi*. En effet, sans cette sensation musculaire, les sensations ordinaires ne pourraient ni se localiser, ni s'extérioriser ; les sensations tactiles, visuelles et auditives ne seraient rien sans le sens musculaire, tandis qu'une seule de ces sensations, pourvu que le sens musculaire s'y joigne, suffit pour le développement de l'intelligence.

C'est de cette idée de moi que dérive la personnalité individuelle. Le *Moi*, comme dit Taine, « c'est la série d'événements et d'états successifs, sensations, images, idées, perceptions, souvenirs, prévisions, émotions, désirs, volitions, liés entre eux, provoqués par certains changements de mon corps et des autres corps. » Le *Moi* c'est la cohésion dans le temps d'une série d'états de conscience conservés par la mémoire ; mais cette idée du moi n'est pas quelque chose de spécial en dehors et au-dessus de ces états de conscience, et il n'y a pas entre le *moi-sujet* et le *moi-objet*, entre le moi et les états de conscience, la distinction faite par quelques philosophes. Cette idée de moi chez le nouveau-né existe à peine. Chez l'enfant elle se borne à un intervalle de quelques heures, et si cette notion de notre personnalité nous paraît s'étendre sans discontinuité depuis la naissance jusqu'à l'heure actuelle, c'est que dans l'état social où nous vivons, chaque chose autour de nous nous rappelle ce que nous étions ; mais même, malgré cela, que de lacunes dans cette continuité apparente, et combien notre existence passée laisse en nous de mois, d'années même, dans lesquelles notre personnalité nous échappe !

Cette idée de moi est donc acquise par l'expérience, elle est la résultante d'un certain nombre d'actes cérébraux, centralisés peut-être dans un organe cérébral particulier ; aussi peut-on voir, dans certaines maladies mentales, cette idée du moi s'affaiblir et disparaître, fait à peu près inexplicable si on considère le moi comme une entité indivisible et indestructible.

3. — DES IDÉES.

Les idées ne sont que des rapports entre des perceptions (actuelles ou remémorées); elles supposent l'existence préalable de sensations; la sensation est donc l'élément initial de l'intelligence. Ces idées peuvent être individuelles, particulières, ou bien générales, abstraites, mais les idées générales ne sont, suivant l'expression de Berkeley, que des idées particulières annexées à un terme général qui leur donne une signification plus étendue et qui réveille à l'occasion d'autres idées individuelles semblables. Il y a déjà, dans l'idée particulière d'un objet, d'une bille, par exemple, tout un ensemble de sensations, visuelles, tactiles, musculaires, etc., de nature différente (couleur, poli, poids, résistance, forme, etc.). Une idée générale, celle d'une boule, par exemple, se compose d'un ensemble d'idées particulières de boules de grandeur, de couleur, etc., variables, dans chacune desquelles une seule sensation, la même pour toutes, est retenue par l'intelligence, tandis que les autres sont laissées de côté; ainsi les notions particulières de couleur, de poli, de résistance, etc., disparaissent et l'on ne voit que le corps rond, c'est-à-dire le corps que la main peut parcourir et palper en déterminant en nous une certaine succession de sensations musculaires et tactiles qui se répète avec les mêmes caractères pour toutes les boules. Les idées générales et les idées particulières ne sont donc pas séparées les unes des autres par un abîme infranchissable; les premières dérivent immédiatement des secondes, et les secondes dérivent immédiatement de la sensation. Il en est de même des idées abstraites, qui ne sont qu'un degré supérieur des idées générales.

Ce qui a obscurci cette question, c'est que la plupart des psychologues confondent à tort les idées générales et abstraites et l'expression de ces idées par le langage. Les idées générales de temps, d'espace, de coexistence, de succession, etc., existent aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte, chez le sauvage que chez l'homme civilisé, chez l'animal que chez l'homme; et ces relations sont chez tous la condition *sine quâ non* de tous leurs actes psychiques; mais ce qui leur manque, c'est la formule, c'est l'expression verbale ou écrite de ces relations, de ces idées abstraites. Quoi qu'en disent les philosophes, il n'est pas nécessaire, pour que l'idée abstraite existe, que le langage lui donne une formule, et on peut, comme le prouve l'observation des sourds-muets non éduqués, penser parfaitement sans langage et sans signes.

Les idées étant des relations entre des sensations actuelles ou remémorées, il est probable que les centres cérébraux dans lesquels ces idées prennent naissance sont distincts des centres auxquels aboutissent ou dans lesquels s'emmagasinent les sensations; mais jusqu'ici la détermination de ces centres est absolument impossible. Tout ce

qu'on sait, c'est que les idées ont u
les autres ; que certaines idées ont d
idées, et que ces associations, qui jo
logie, sont très-probablement en ra
miques entre les divers centres céré
raine (école associationiste) reconn
idées, par ressemblance, par contigu
et par causalité ; mais, comme le 1
faits d'association se rattachent, en d
l'habitude, en vertu de laquelle les
dent à se reproduire de nouveau.

La volonté n'a que fort peu d'influ
d'une façon directe, et le mécani
associations nous échappe même l
exemple quand on cherche un mot q
une idée qui ne se présente pas
apparaissent très-souvent subiteme
ait conscience du mécanisme par leq

Cette loi de l'association ou de l'h
et il est très-probable, quoique la
impossible, que les phénomènes int
de raisonnement, d'imagination sont
déterminées que tous les autres pl
donc pas lieu d'admettre ces facu
sortes de personnalités indépendant
les autres jusqu'à ce qu'une faculté
décidant entre elles ; il n'y a que de
des faits psychiques conduira aux l
faits physiques a conduit aux lois pl

4. — DE L'EXPRESSI

Le langage n'est qu'un mode d
(page 618), que le langage ne peut se
sion ; il n'en est qu'un cas partic
importance et des rapports intime
préférable de l'étudier à part.

1° *De l'expressio*

La multiplicité des mouvements
différentes émotions rend leur ét

traité élémentaire. Je me contenterai de renvoyer aux ouvrages de Darwin et de Duchenne et de rappeler seulement les principes qui, d'après Darwin, régiraient la manifestation de ces mouvements.

Darwin rattache l'expression des émotions aux trois principes généraux suivants :

1° Un grand nombre de mouvements émotionnels ont été primitivement des mouvements volontaires accomplis dans un but utile à l'individu; peu à peu, par l'habitude, ces mouvements volontaires se sont associés aux sentiments qui leur avaient donné naissance et sont devenus machinaux et instinctifs; enfin ces mouvements associés se sont transmis par hérédité. Ainsi l'acte de serrer les poings a été primitivement volontaire au moment de combattre un ennemi; cet acte s'est associé peu à peu au sentiment de la colère et est devenu machinal; il s'est transmis ainsi par hérédité et aujourd'hui encore nous serrons les poings quand nous sommes en colère comme pour combattre un ennemi absent.

2° Dans certains cas, les mouvements d'expression sont l'opposé des mouvements que produit le sentiment contraire à celui que l'individu éprouve. Ainsi, pour témoigner sa joie, un chien emploie des mouvements contraires à ceux qui expriment la colère. C'est ce que Darwin appelle le principe de l'antithèse; cependant la plupart des cas cités par Darwin paraissent susceptibles d'une autre interprétation.

3° Enfin, certains mouvements qui ne rentrent dans aucun des cas précédents ne peuvent s'expliquer que par l'intervention d'une action nerveuse involontaire (diffusion nerveuse de Bain); telles sont les larmes, l'action des émotions sur le cœur, etc.

Bain fait appel aussi, pour certains mouvements d'expression, au principe de la spontanéité des mouvements et à l'exubérance de vie musculaire (gambades d'un poulain, d'un chien, d'un enfant.)

2° *Du langage.*

Le langage peut se diviser en langage émotionnel et langage rationnel. Le langage *émotionnel* n'est qu'une forme de l'expression des émotions et rentre par conséquent dans le paragraphe précédent; ce langage émotionnel est très-développé chez l'enfant, le sauvage, et, d'après Max Müller, existerait seul chez l'animal et constituerait ainsi une limite tranchée entre l'animal et l'homme.

Le langage rationnel, au contraire, est le pouvoir de construire et de manier des concepts généraux; il serait spécial à l'homme et, suivant M. Müller, « le point où finit l'animal et ou l'homme commence est déterminable avec la précision la plus rigoureuse, parce qu'il a dû coïncider « avec le commencement de la période du langage à radicaux ». Mais est-il vrai qu'il soit impossible de passer du langage émotionnel au langage

quand, par la répétition, la durée de ces trois actes successifs est très-courte, le terme intermédiaire, c'est-à-dire l'idée du mouvement futur, disparait, soit qu'elle se confonde avec la notion même du mouvement, soit que sa durée soit trop brève pour que nous en ayons conscience; on sait en effet qu'une excitation doit avoir une certaine durée pour être perçue.

Quant à la question de la volonté libre, ou du libre arbitre, c'est-à-dire à « la faculté de se déterminer avec la conscience qu'on pourrait se déterminer autrement », c'est une question d'un tout autre ordre, que la science ne peut résoudre actuellement et à laquelle chacun peut, dans son for intérieur, donner la solution qui lui plaira. Il ne faut pas oublier cependant qu'une grande partie des phénomènes psychiques qui se passent en nous nous échappent, et qu'il n'y a pour ainsi dire pas de manifestation psychique qui ne soit accompagnée d'un peu d'émotion, autrement dit qu'il doit arriver très-souvent que les déterminations qui nous paraissent les plus libres ne soient en réalité que la résultante de notre organisation native, de notre éducation et de sensations ou d'émotions actuelles dont nous n'avons pas conscience. Les statistiques prouvent que les faits qui paraissent soumis uniquement à la volonté humaine, comme les mariages, les crimes, les suicides, etc., se produisent avec une étonnante régularité et sont soumis à des causes et à des lois parfaitement déterminées. La volonté joue du reste dans nos actions une influence bien moins grande que nous ne le croyons nous-mêmes; notre vie, nos pensées, nos actions sont bien plus souvent machinales que volontaires et raisonnées, et, étant connus le caractère et les habitudes de la plupart des hommes, on peut prédire à coup sûr, dans la majorité des cas, la détermination qu'ils prendront dans une circonstance donnée. Il est de toute évidence que l'homme a le pouvoir de faire ce qu'il désire, mais est-il libre de désirer ou de ne pas désirer, est-il maître de ses émotions ? Mais ce que nous pouvons, et c'est en cela que consiste surtout la volonté, c'est arriver, par le développement de l'intelligence, à prévoir les conséquences de nos actes de façon que l'idée des inconvénients futurs d'un acte donné soit assez puissante pour contre-balancer l'impulsion qui nous pousse à accomplir cet acte; ce que nous pouvons, c'est nous placer dans des circonstances telles que les impulsions nuisibles qui peuvent exister virtuellement en nous et que nous connaissons, n'aient pas l'occasion de se développer et de produire leurs conséquences fâcheuses pour nous ou pour les autres.

6. — VITESSE DES PROCESSUS PSYCHIQUES.

On a vu (page 299) que la transmission nerveuse demande un certain temps et que l'excitation motrice parcourt environ 33 mètres par

seconde, l'excitation sensitive 30 à 35. On a cherché à calculer, par les mêmes procédés, la durée des processus psychiques les plus simples. Le temps qui s'écoule entre une excitation sensitive et le mouvement qui sert de signal et qui indique que l'individu en expérience a perçu la sensation, comprend la série d'actes suivants, qui ont tous une certaine durée, fraction déterminée de la durée totale du processus (Exner) :

1° Durée de l'excitation latente de l'appareil sensitif ; cette durée est très-courte ; pour les sensations visuelles, elle serait de 0,02 à 0,04 seconde ;

2° Durée de la transmission sensitive depuis l'appareil sensitif jusqu'aux centres nerveux ; cette durée est connue ;

3° Durée de la transmission sensitive dans la moelle ; cette durée est d'environ 0,1749 seconde pour les excitations partant du pied, 0,1283 pour la main, ce qui donne pour la vitesse de la transmission sensitive dans la moelle 8 mètres environ par seconde, par conséquent une vitesse bien moindre que pour les nerfs ;

4° Durée de la transmission cérébrale et des actes cérébraux ;

5° Durée de la transmission motrice dans la moelle ; elle est pour le pied de 0,1506 seconde, pour la main de 0,1840, ce qui donne une vitesse de 11 à 12 mètres par seconde ;

6° Durée de la transmission motrice depuis la moelle jusqu'au muscle ; elle est connue ;

7° Durée de l'excitation latente du muscle ; cette durée est connue aussi.

La durée de l'acte cérébral s'obtiendra donc en retranchant de la durée totale du processus toutes les durées partielles 1, 2, 3, 5, 6 et 7. Exner a trouvé de cette façon les chiffres suivants (l'âge des individus en expérience est placé entre parenthèses après chaque chiffre) : 0,2053 seconde (20 ans); 0,0775 (22); 0,2821 (23); 0,1231 (24); 0,0828 (26); 0,0901 (35); 0,9426 et 0,3050 (76). On voit d'après ces chiffres que la durée d'un même acte cérébral varie suivant les individus et suivant certaines conditions encore peu déterminées, mais où l'âge paraît jouer un rôle important. Ces différences avaient déjà été constatées par les astronomes (Maskelyne, Bessel, etc.). Il y a toujours, en effet, entre le passage réel d'un astre devant le fil de la lunette et l'appréciation de ce passage par l'astronome un écart qui constitue ce qu'on a appelé *erreur* ou *équation personnelle*. Cette erreur est constante pour un observateur donné, mais elle varie suivant les observateurs, et peut être réduite par l'exercice (Wolff).

F. C. Donders a imaginé, pour mesurer le temps nécessaire pour les actes psychiques, deux instruments, l'un, le *nœmatachomètre*, destiné à donner le minimum de temps nécessaire pour une idée simple, l'autre, le *nœmatachographe*, destiné à déterminer la durée d'opérations plus ou moins complexes de l'esprit. (*Journal de l'Anatomie*, 1868.)

7. — DU SOMMEIL.

Les centres nerveux encéphaliques présentent deux états distincts qui se succèdent avec une périodicité assez régulière, l'état de veille et l'état de sommeil. Quand le sommeil est profond, tous les phénomènes de l'activité psychique sont abolis et l'individu se trouve, au point de vue fonctionnel, dans une situation analogue à celle des animaux auxquels on a enlevé les hémisphères ; toutes les fonctions de nutrition, digestion, respiration, circulation, etc., continuent ; les excitations sensitives déterminent des mouvements purement réflexes, en un mot les hémisphères cérébraux cessent de fonctionner comme l'estomac cesse de sécréter dans l'intervalle de deux digestions. Cet état de sommeil profond ne se montre guère que dans les premiers moments du sommeil ; puis peu à peu le sommeil devient moins profond et les hémisphères cérébraux peuvent fonctionner, mais toujours d'une façon incomplète comme dans le rêve, sous l'influence d'excitations sensitives externes ou internes ; le souvenir seul peut nous apprendre s'il y a des idées formées pendant le sommeil, mais l'observation des dormeurs nous apprend qu'une grande partie des rêves, des idées, des paroles qui ont accompagné le sommeil ne laissent pas de trace dans la conscience, de sorte qu'il est impossible de dire si, même dans le sommeil le plus profond, le repos du cerveau est absolu.

Le besoin de sommeil se traduit par une série de sensations que chacun connaît par expérience : sensations musculaires des muscles de la paupière supérieure, sensations des muscles sous-hyoïdiens qui précèdent le bâillement ; pesanteur des membres et de la tête ; affaiblissement de la sensibilité et surtout de la sensibilité tactile et musculaire, etc., etc. Pendant le sommeil, le pouls devient moins fréquent, la respiration plus rare, l'élimination d'acide carbonique diminue. L'état de la circulation cérébrale a donné lieu à des controverses qui ne sont pas encore tout à fait terminées. Durham, Hammond, Ehrmann, etc., admettent qu'il y a anémie cérébrale et que le cerveau reçoit moins de sang pendant le sommeil ; d'autres auteurs, au contraire, croient qu'il y a une congestion du cerveau, et s'appuient surtout sur la congestion de la conjonctive et la constriction de la pupille observées pendant le sommeil, phénomènes qui indiqueraient une paralysie du sympathique (Langlet) ; cependant la plupart des physiologistes semblent aujourd'hui se rattacher à l'idée d'une anémie cérébrale.

La fatigue, tant physique que psychique, l'affaiblissement des excitations extérieures (obscurité, silence, etc.), la répétition des mêmes impressions (monotonie), le froid, la chaleur, la digestion, certaines substances (soporifiques) produisent le sommeil. Mais sa cause réelle est

encore indéterminée. Est-il dû à la simple fatigue des centres nerveux ou des nerfs, comme la fatigue d'un muscle amène une diminution d'irritabilité musculaire qui ne reparaît que quand, par le repos, le muscle a pu éliminer les produits acides de sa contraction ? Ou bien faut-il invoquer la circulation cérébrale, l'anémie suivant les uns, la congestion suivant les autres ? Faut-il, avec Sommer, le rattacher à la diminution de la provision d'oxygène qui, d'après les recherches de Pettenkofer, s'accumulerait pendant le sommeil pour se dépenser pendant la veille ? Toutes ces hypothèses, ainsi que celles de Kohlschütter, Forneris, Henle, Pflüger, etc., n'expliquent pas complétement tous les faits et il me paraît inutile de les exposer ici.

Bibliographie. — CABANIS : *Rapports du physique et du moral.* — GERDY : *Physiologie philosophique des sensations et de l'intelligence.* — FECHNER : *Elemente der Psychophysik.* — DUCHENNE : *le Mécanisme de la physionomie*, 1862. — TAINE : *De l'Intelligence.* — DELBŒUF : *Recherches théoriques et expérimentales sur la mesure des sensations*, 1873, et : *Théorie générale de la sensibilité*, 1875. — WUNDT : *Menschen- und Thierseele*, et *Grundzüge der physiologischen Psychologie.* — A. BAIN : *les Sens et l'Intelligence ; l'Esprit et le Corps ; les Émotions et la Volonté.* — H. SPENCER : *Principes de psychologie.* — DARWIN : *l'Expression des émotions.* — LUYS : *Etudes de physiologie cérébrale.* Voir aussi la bibliographie générale du système nerveux et les ouvrages de psychologie.

ARTICLE QUATRIÈME. — PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION.

La physiologie de la reproduction comprend quatre séries d'actes successifs : 1° la formation des éléments reproducteurs, mâle (spermatozoïde) et femelle (ovule); 2° l'union de ces deux éléments ou fécondation ; 3° les modifications qui se passent soit du côté de l'embryon, soit du côté de la mère, depuis la fécondation jusqu'à l'expulsion du fœtus ; développement embryonnaire et grossesse ; 4° l'expulsion du fœtus ou l'accouchement.

A. — DES ÉLÉMENTS DE LA REPRODUCTION.

1. — DES SPERMATOZOÏDES.

Le mode de formation des spermatozoïdes est étudié dans les traités d'anatomie et d'histologie, auxquels je renvoie. A l'état de développement complet (*fig.* 257, p. 1033), ils ont 0mm,05 de longueur et se composent : 1° d'un renflement antérieur, *tête*, pyriforme aplati, la pointe tournée en avant ; 2° d'un appendice filiforme ou *queue*, d'abord un peu renflé, puis aplati et se terminant en

pointe à peine visible. Ils sont formés par une substance homogène réfringente. Ils sont doués de mouvements rapides, comme spontanés, dus aux ondulations de la queue ; ils parcourent 0m,004 par minute, et d'après une observation de Sims, ils peuvent arriver en trois heures de l'orifice de l'hymen au col de l'utérus. Leurs mouvements sont assez puissants pour déplacer des cristaux calcaires dix fois plus gros qu'eux. Ils peuvent persister sept à huit jours dans les organes génitaux de la femme, et on les retrouve encore sur le cadavre vingt-quatre heures après la mort. Ces mouvements sont favorisés par les solutions alcalines modérément concentrées et détruits par l'eau et les liquides acides.



Fig. 257. — Spermatozoïdes. (Voir page 1032.)

Les spermatozoïdes, d'après Mantegazza, ne se montrent guère dans le sperme avant l'âge de 18 ans, un peu plus tôt cependant (15 ans) d'après d'autres auteurs. Ils peuvent exister dans le sperme jusque dans un âge très-avancé ; entre 60 et 80 ans, on a constaté leur présence dans la moitié des cas (Duplay, Dieu).

2. — OVULATION ET MENSTRUATION.

L'ovaire de la femme contient, depuis 15 ans jusqu'à 46 ans environ, des ovules susceptibles d'être fécondés. Tous les vingt-huit jours, en moyenne, un ovule s'échappe de l'ovaire par la rupture de la vésicule de de Graaf qui le contenait, et cet ovule est recueilli par la trompe. Cette rupture de la vésicule de de Graaf et cette chute de l'ovule s'accompagnent, du côté de l'utérus, de phénomènes particuliers et spécialement d'un écoulement sanguin qui constitue la menstruation proprement dite (règles, période menstruelle).

1° *Rupture de la vésicule de de Graaf et chute de l'ovule.*

La structure et le développement des vésicules de de Graaf et de l'ovule sont étudiés dans les traités d'anatomie. (Voir : Beaunis et

Bouchard : *Anatomie*, 2e édition, pages 874 et suivantes.) A chaque période menstruelle, l'ovaire devient plus vasculaire, la vésicule de de Graaf se dilate et fait peu à peu saillie à la surface de l'ovaire jusqu'à ce qu'elle atteigne à maturité la grosseur d'une cerise; bientôt la paroi de la vésicule s'amincit au niveau de la partie saillante, tandis que les parties profondes au contraire s'hyperémient et deviennent plus vasculaires ; enfin, sous la pression excentrique du liquide de la vésicule, une petite fente se produit sur la partie amincie et l'ovule s'échappe, entouré par les cellules du cumulus proligère. Les causes qui déterminent la maturité et la rupture de la vésicule de de Graaf sont encore très-obscures. Cette rupture paraît se faire principalement à la fin des règles (Sappey); le coït peut la déterminer et l'accélérer sans cependant que son intervention soit nécessaire pour la produire.

Les modifications que subit la vésicule de de Graaf et la formation du corps jaune sont étudiées en anatomie.

2° *Menstruation.*

Pendant la période menstruelle, l'utérus est le siége d'une fluxion temporaire et de phénomènes particuliers. Il augmente de volume ; sa muqueuse s'épaissit considérablement et se vascularise ; elle prend un aspect criblé dû aux orifices élargis des glandes utérines hypertrophiées ; son adhérence au tissu utérin diminue, son épithélium se détache et même, dans quelques cas, une partie de l'épaisseur de la muqueuse tombe avec lui sous forme de membrane continue ; en même temps ses capillaires se déchirent et fournissent le sang menstruel. Cet écoulement sanguin, qui est le phénomène caractéristique extérieur de la menstruation, dure en moyenne de trois à cinq jours et la quantité de sang peut varier de 100 à 200 grammes. Les trompes et le vagin participent aussi à cet état congestif de l'utérus.

La menstruation s'accompagne de phénomènes locaux et généraux ; la femme éprouve une sensation de pesanteur et de chaleur dans la région pelvienne et des douleurs abdominales (crampes utérines) ; les seins sont gonflés et tendus ; le pouls est fréquent, le choc du cœur plus fort, la respiration accélérée ; la sueur a une odeur spéciale ; la miction est plus fréquente ; la

quantité d'urée est diminuée; les traits sont fatigués; il y a un sentiment de lassitude générale; l'excitabilité nerveuse et psychique est augmentée.

Il y a une relation intime entre la menstruation et l'ovulation; cependant les deux actes ne sont pas liés indissolublement l'un à l'autre; il peut y avoir, en effet, exceptionnellement, ovulation sans menstruation et menstruation sans ovulation; ainsi on a observé des cas de menstruation après l'extirpation des deux ovaires; mais ces cas exceptionnels ne peuvent infirmer la loi générale, quoique le lien qui rattache ces deux actes l'un à l'autre nous échappe (sang, système nerveux ?). Pflüger compare la menstruation à une greffe chirurgicale; la surface interne de l'utérus, dénudée et saignante, représenterait une véritable plaie d'inoculation par laquelle la nature greffe l'ovule fecondé sur l'organisme maternel; mais il y a plutôt là une comparaison ingénieuse qu'une explication réelle.

La menstruation peut être rapprochée des phénomènes du *rut* chez les animaux. C'est en effet à l'époque du rut que se fait chez eux l'ovulation et la rupture de la vésicule de de Graaf, et chez beaucoup d'espèces animales, cette rupture s'accompagne d'un écoulement sanguin par les parties génitales.

La menstruation est suspendue pendant la grossesse et l'allaitement; cette suspension coïncide avec un arrêt de l'ovulation. Quand la femme n'allaite pas, les règles reparaissent en général six semaines après l'accouchement.

3° *Puberté et ménopause.*

L'apparition de la fonction menstruelle et l'ovulation qui l'accompagne ne se font qu'à la puberté, et habituellement vers l'âge de 15 à 16 ans; la disparition de ces deux actes, ou la *ménopause*, a lieu vers 46 ans environ. La période de fécondité de la femme comprend donc 30 à 31 ans en moyenne, et est par conséquent beaucoup moins étendue que chez l'homme.

La puberté, chez la femme, modifie non-seulement les organes génitaux, mais réagit aussi sur presque toutes les parties de l'organisme, système pileux, mamelles, larynx, etc., et sur la plupart des fonctions. La puberté est plus précoce dans les villes que dans les campagnes, dans les climats chauds que dans les

climats froids; on cite même des cas exceptionnels de jeunes filles réglées à 8, 4 et 2 ans (menstruations enfantines), sans qu'on puisse affirmer cependant qu'il y ait là une véritable ovulation; Haller a cependant observé un exemple de grossesse chez une fille de 9 ans.

La ménopause a lieu entre 42 et 50 ans (46,35 en moyenne). Dans la plupart des cas (70 fois sur 100), la ménopause s'établit peu à peu; les règles cessent, puis reviennent pour disparaître définitivement, et cette période de transition dure de 6 à 11 mois. Cette cessation des règles et de l'ovulation retentit sur tout l'organisme, et spécialement sur les organes génitaux; les ovaires s'atrophient, ainsi que l'utérus; les parties génitales externes se flétrissent et perdent leur excitabilité; les poils du pubis blanchissent et tombent; les seins s'affaissent; la voix prend un timbre plus accentué; le système pileux extra-génital se développe, etc.; en somme, les caractères de la sexualité tendent à s'affaiblir et à disparaître.

4° *Excrétion ovulaire.*

L'excrétion ovulaire comprend deux stades : la chute de l'ovule dans le pavillon de la trompe, et la progression de cet ovule depuis le pavillon de la trompe jusqu'à l'utérus.

A sa sortie de la vésicule de de Graaf, l'ovule est recueilli par la trompe; mais le mécanisme de ce phénomène est encore loin d'être bien expliqué. Il est probable que le pavillon vient s'appliquer sur la surface de l'ovaire, soit par une sorte d'érection de la trompe (Haller), soit plutôt par l'action des fibres lisses tubaires ou tubo-ovariennes (Rouget); mais l'ouverture du pavillon ne peut embrasser toute la surface de l'ovaire, et il est assez difficile d'expliquer comment le pavillon va juste se placer sur le point où va se rompre la vésicule de de Graaf arrivée à sa maturité, à moins d'admettre que les franges de la trompe ne parcourent la surface de l'ovaire par une sorte de mouvement de reptation et ne déterminent ainsi, par cette excitation mécanique, la rupture de la vésicule de de Graaf. Il est encore plus difficile d'expliquer les cas dans lesquels il n'a pu y avoir d'application du pavillon sur l'ovaire, ainsi quand un ovule provenant d'un ovaire est recueilli par la trompe du côté opposé.

[redacted]

La progression de l'ovule, du pavillon de la trompe jusqu'à l'utérus, se fait sous l'influence des cils vibratiles de la trompe, dont les mouvements le dirigent vers la cavité utérine. Quoique la durée de ce parcours soit presque impossible à déterminer, on peut cependant, en réunissant les observations, l'évaluer de deux à dix jours en moyenne (Sims).

Bibliographie. — COSTE : *Embryogénie comparée*, 1837. — NÉGRIER : *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires*, 1840. — POUCHET : *Théorie positive de l'ovulation spontanée*, 1847. — RACIBORSKI : *Traité de la menstruation*, 1868.

B. — FÉCONDATION.

1. — DU COÏT.

Pour que les spermatozoïdes aillent féconder l'ovule, il faut que le sperme arrive dans la cavité utérine ; c'est là le but du coït. Pour que l'acte du coït puisse s'effectuer, il faut que le pénis du mâle présente une certaine rigidité, soit en état d'érection. L'érection doit donc précéder le coït, et le coït lui-même a pour terme final l'éjaculation.

1° *De l'érection.*

Chez l'homme, l'érection porte sur les corps caverneux du pénis et sur le corps spongieux de l'urèthre (bulbe et gland). Le pénis acquiert alors un volume 4 à 5 fois plus considérable que le volume habituel ; il est dur, rigide, chaud, et présente une courbure qui s'accommode à la courbure du vagin. Cette érection s'accompagne en outre d'une excitabilité beaucoup plus grande de la muqueuse du gland et du prépuce.

Le *mécanisme de l'érection* est très-controversé. Les mailles du tissu caverneux sont gorgées de sang, et cette augmentation de quantité de sang paraît tenir à deux causes : 1° à un afflux sanguin plus considérable par les artères dilatées, 2° à des obstacles au retour du sang veineux ; mais les causes de cette dilatation artérielle et de cette obstruction veineuse sont très-obscures.

Pour ce qui concerne la *dilatation artérielle*, certains auteurs (Kolliker) la considèrent comme une *paralysie* vasculaire réflexe analogue à celle qu'on observe dans les cas de rougeur de la face, par exemple ; d'autres auteurs admettent l'intervention de nerfs vaso-dila-

[redacted]

pour résultat un frottement mécanique du gland et du pénis contre les bords de la vulve et les parois rugueuses du vagin ; ces frottements, en même temps qu'ils augmentent encore l'intensité de l'érection, exaltent peu à peu la sensibilité de ces parties. Quand les sensations voluptueuses ont atteint un certain degré (voir page 896), l'éjaculation se produit.

Chez la femme vierge, l'introduction du pénis dans le vagin détermine la déchirure de l'hymen, déchirure qui s'accompagne ordinairement d'un écoulement de sang.

3° *Éjaculation.*

Dans l'intervalle du coït, le sperme, sécrété d'une façon continue par le testicule, s'accumule dans les vésicules séminales, où il se mêle au produit de sécrétion de ces réservoirs. Quand l'éjaculation a lieu, les canaux déférents et les vésicules séminales se contractent énergiquement et chassent le liquide dans l'urèthre ; puis tous les muscles du périnée, et en particulier les bulbo-caverneux, sont le siége de contractions rhythmiques par lesquelles le sperme, mélangé aux liquides prostatique, des glandes de Cooper, etc., est projeté dans le fond du vagin et peut-être directement dans le col de l'utérus entr'ouvert. Au moment de l'éjaculation, la sensation voluptueuse, qui atteint ses dernières limites, s'accompagne d'un état général de spasme et d'une exaltation physique et psychique de tout l'organisme, état qui se communique à la femme, sans cependant qu'il y ait chez elle une éjaculation comparable à celle de l'homme ; il n'y a qu'une excrétion plus active des glandes de Bartholin et des autres glandes génitales. Une fois l'éjaculation terminée, l'érection cesse et une dépression générale fait suite à l'excitation du coït.

2. — DE LA FÉCONDATION.

Après l'éjaculation, le sperme se trouve soit dans la cavité du col, soit dans le fond du vagin. Comment arrive-t-il de là jusqu'à l'ovule. On a rencontré des spermatozoïdes dans tous les points des voies génitales, jusque sur la surface de l'ovaire. Cette progression des spermatozoïdes ne peut être due aux mouvements

[redacted]

de deux ovules distincts ou d'un seul ovule contenant deux vitellus. On observe en moyenne une fécondation double ou gémellaire sur 87 cas de fécondation simple, une fécondation triple (3 ovules) sur 7,600 cas, une fécondation quadruple (4 ovules) sur 330,000 cas, une fécondation quintuple (5 ovules) sur 20 millions de cas.

Quand deux ovules provenant d'une même menstruation sont fécondés par deux coïts différents, il y a *superfécondation;* ainsi une blanche qui aurait eu des rapports sexuels avec un nègre et avec un blanc pourrait donner naissance à deux jumeaux, un mulâtre et un blanc; il n'y en a pas d'exemple authentique. La *superfétation* se produirait quand la seconde fécondation a lieu dans une période plus avancée de la grossesse; il faut donc pour cela : 1° que l'ovulation se continue pendant la grossesse, ce qui est un fait exceptionnel; 2° que le sperme puisse pénétrer jusqu'à l'ovule, ce qui ne peut guère se comprendre que dans les cas d'utérus double.

Bibliographie. — Kobelt : *De l'Appareil du sens génital*, 1851. — Rouget : *Recherches sur les organes érectiles de la femme.* (Journal de Physiologie, 1858.)

Le *développement de l'ovule après la fécondation* est essentiellement du ressort de l'anatomie ; aussi je ne puis que renvoyer au chapitre *Embryologie* des *Nouveaux Éléments d'anatomie* de Beaunis et Bouchard (2e édition, page 994). La même remarque s'applique, du reste, au *développement de l'embryon et du fœtus* et à celui des *annexes du fœtus* (*développement de l'œuf*).

C. — DE LA GROSSESSE.

L'ovule fécondé se développe dans la cavité utérine et séjourne dans cette cavité jusqu'à ce qu'il ait atteint un développement suffisant, c'est-à-dire jusqu'à ce que le fœtus soit *à terme*. La durée de la grossesse, calculée depuis le jour de la fécondation jusqu'au jour de l'expulsion du fœtus, est en moyenne de 275 à 280 jours (10 mois lunaires).

Les modifications que subit l'organisme féminin pendant la grossesse concernent, d'une part, les organes génitaux et en parti-

malgré la section de la moelle; les seules voies de communication entre le centre médullaire lombaire et les centres cérébraux instinctifs ne pouvaient être que le sang ou le grand sympathique. (Goltz; *Archiv für Physiologie,* 1874.) L'excitation du cervelet, de la moelle allongée, du grand sympathique lombaire et sacré, l'excitation du mamelon, le sang chargé d'acide carbonique, l'anémie (compression de l'aorte), certaines substances (emménagogues, ergot de seigle) déterminent des contractions utérines; il en est de même des excitations directes portées sur l'utérus, et surtout sur le col (corps étrangers, actions mécaniques, etc.).

L'expulsion du placenta (délivrance) se fait par le même mécanisme que l'expulsion du fœtus.

Pour les phénomènes qui suivent l'accouchement, pour tout ce qui concerne la lactation, voir les traités d'obstétrique.

Quand la femme n'allaite pas, l'ovulation et la menstruation reparaissent, en général, dans la sixième semaine après l'accouchement. Quand la femme allaite, la menstruation ne se montre qu'à la fin de la période de lactation, c'est-à-dire vers le dixième mois.

Des naissances. — En France, on compte une naissance pour 34,81 habitants, et 100 naissances pour 84 décès.

Les naissances se répartissent de la façon suivante pour les divers mois de l'année (pour 12,000 naissances) :

Mois de la naissance.	États sardes. 1828-1837.	Belgique. 1840-1849.	Hollande. 1840-1849.	Suède. 1851-1855.	Mois de la conception.
Janvier. . .	1,016	1,065	1,094	1,013	Avril.
Février. . .	1,101	1,157	1,155	1,046	Mai.
Mars. . . .	1,100	1,150	1,128	1,056	Juin.
Avril. . . .	1,078	1,078	1,016	1,006	Juillet.
Mai	989	1,002	921	982	Août.
Juin. . . .	895	945	855	960	Septembre.
Juillet . . .	943	903	848	922	Octobre.
Août. . . .	944	920	950	912	Novembre.
Septembre. .	1,004	956	1,025	1,116	Décembre.
Octobre. . .	1,010	934	1,000	1,033	Janvier.
Novembre. .	984	931	991	975	Février.
Décembre. .	936	959	1,017	979	Mars.

CHAPITRE DEUXIÈME.

PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME.

1. — PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME AUX DIFFÉRENTS AGES.

1. — PHYSIOLOGIE DE L'EMBRYON ET DU FŒTUS.

La physiologie de l'embryon et du fœtus se confond en grande partie avec leur développement anatomique, aussi ne puis-je que renvoyer à ce développement pour la plupart des points. C'est en effet le développement qui est le fait dominant de la vie du fœtus, développement des éléments anatomiques, des tissus, des organes, des appareils. D'une façon générale, les phénomènes physiologiques intimes de l'embryon et du fœtus ne se passent pas autrement que chez l'adulte, seulement le fonctionnement spécial des organes et des appareils présente des différences notables ; quelques organes même, tels que l'œil, restent dans l'inactivité la plus complète ; une grande partie de l'organisme n'a qu'une existence rudimentaire.

Dans les premiers temps de la vie embryonnaire, le sang n'existe pas encore ; il n'y a pas de connexions entre l'ovule et l'utérus, et l'ovule se nourrit par simple imbibition aux dépens des matériaux salins et albumineux dont il s'est entouré à son passage dans la trompe ou qu'il trouve sur la surface de la muqueuse utérine ; les villosités du chorion constituent ainsi de véritables organes d'absorption comparables aux radicelles d'une plante. C'est encore de la même façon que se fait la nutrition de l'embryon pendant la première circulation ou circulation de la vésicule ombilicale. Pendant ces deux premiers stades, l'embryon utilise donc : 1° les matériaux de nutrition de la masse vitelline ; 2° les matériaux de nutrition venant de l'extérieur.

Avec l'établissement de la circulation placentaire commence une nouvelle période. Le sang de l'embryon et du fœtus se trouve en rapport dans le placenta avec le sang artériel de la mère ; il n'y a pas, comme on l'a cru autrefois, mélange des deux sangs ; les deux systèmes vasculaires, maternel et fœtal, restent complé-

tement indépendants l'un de l'autre, mais la ténuité des parois vasculaires qui les séparent permet un échange intime entre les deux sangs ; le sang du fœtus acquiert ainsi les qualités nécessaires pour qu'il puisse servir à la formation des tissus et des organes et à leur fonctionnement, très-rudimentaire pour la plupart d'entre eux. On peut donc considérer le placenta comme un *organe de nutrition* dans lequel le sang fœtal prend l'albumine, la graisse, les sels, etc., en un mot, tous les matériaux qui entrent dans la constitution des tissus. Il n'y a donc chez le fœtus ni digestion proprement dite, ni absorption alimentaire ; il est dans le cas d'un animal auquel on injecterait directement dans le sang les principes nutritifs, tels que les peptones et les sels minéraux. On a bien admis, il est vrai, que dès les premiers temps de la vie fœtale il se produisait des mouvements de déglutition qui introduisaient du liquide amniotique dans le tube digestif, et on trouve en effet des cellules de l'amnios et du *vernix caseosa* dans le méconium ; mais il est peu probable que ces cellules soient l'objet d'une véritable digestion, d'autant plus que les sécrétions du tube alimentaire paraissent dépourvues de pouvoir digestif pendant la vie fœtale.

Le placenta est-il aussi un organe respiratoire et y a-t-il une *respiration placentaire ?* Un premier fait, très-important pour résoudre cette question, c'est que *le sang des artères ombilicales et le sang de la veine ont la même coloration*, et cette coloration n'est ni celle du sang artériel, ni celle du sang veineux. Quelques auteurs ont cependant trouvé le sang de la veine ombilicale plus clair, mais en tout cas la différence est toujours excessivement faible. C'est qu'en effet les phénomènes d'oxydation chez le fœtus doivent être réduits au minimum. Chez l'adulte, l'introduction d'oxygène et la production d'acide carbonique sont surtout en rapport avec les actions musculaires et nerveuses ; chez le fœtus, le seul muscle qui se contracte, sauf les quelques contractions des membres de la dernière moitié de la grossesse, c'est le cœur, et l'activité nerveuse est réduite aux actions nerveuses organiques, c'est-à-dire que la plus grande partie des centres nerveux reste inactive ; la désassimilation sera donc chez lui à peu près nulle ; aussi la petite quantité d'urée et d'acide urique qu'on trouve dans l'urine fœtale est-elle plus faible que celle que produit le nouveau-né dans les premières heures de son existence, et la faible proportion d'acide carbonique éliminé par l'activité mus-

culaire et nerveuse ne suffit pas pour changer les caractères extérieurs du sang veineux, quoique les analyses exactes des gaz du sang chez le fœtus nous manquent jusqu'à présent. On peut donc affirmer que, pendant la vie fœtale, les oxydations sont presque nulles, par suite, le besoin d'oxygène très-peu marqué, et que, par conséquent, la respiration placentaire, dont on ne peut nier absolument l'existence, est tout à fait rudimentaire. Un fait semble cependant en désaccord avec cette assertion, c'est que la température propre du fœtus est supérieure à celle des organes qui l'entourent ; mais il faut remarquer que le fœtus a déjà la température du sang de la mère, qu'il ne peut éprouver de perte de chaleur, ni par rayonnement, ni par évaporation, ni par conductibilité, autrement dit que toute la chaleur produite dans l'organisme ne peut se perdre que par l'abaissement de température du sang maternel placentaire ; on comprend alors comment la plus faible production de chaleur dans l'organisme fœtal devra se traduire par une élévation de température.

Au point de vue de la nutrition, les organes qui présentent le plus d'activité chez le fœtus sont le foie et les organes lymphoïdes. Le foie se développe de très-bonne heure et il est très-volumineux à la fin du deuxième mois. Dès le troisième mois, la sécrétion biliaire commence ; au cinquième mois, la partie supérieure de l'intestin grêle contient un mucus jaune clair dans lequel les réactions chimiques décèlent la présence de la matière colorante et des acides biliaires. Dans les derniers mois, le gros intestin est rempli d'une matière brun foncé, inodore, légèrement acide, le *méconium*, mélange de bile, de cellules épithéliales de l'intestin et de *vernix caseosa* (lames épidermiques, duvet, graisse), déglutie avec l'eau de l'amnios. Vers le quatrième mois, le foie commence à renfermer de la substance glycogène, qui y devient abondante vers le milieu de la grossesse ; jusque-là la substance glycogène se rencontrait dans le placenta (glycogénie placentaire), les tissus épithéliaux, les muqueuses, etc. ; les muscles contiennent du glycogène pendant tout le temps de la vie fœtale. Il est probable que cette substance glycogène fœtale a un rôle histogénétique et sert à la formation des tissus.

Le foie paraît être aussi en rapport avec la formation des globules rouges.

Les organes lymphoïdes (rate, thymus, glandes lymphatiques, etc.) jouent probablement chez le fœtus le même rôle que chez

l'adulte et sont probablement en relation avec la production des globules blancs.

Les excrétions sont très-restreintes chez le fœtus; le peu de *méconium* qu'on trouve à la naissance, l'urine et le *vernix caseosa* constituent les seuls produits excrétés pendant la vie fœtale.

L'activité nerveuse est à peu près nulle; les nerfs tactiles sont, parmi les nerfs sensitifs, les seuls qui puissent être excités, et ils ne peuvent éveiller, en tout cas, que des processus psychiques tout à fait rudimentaires. Les mouvements du fœtus qui s'observent

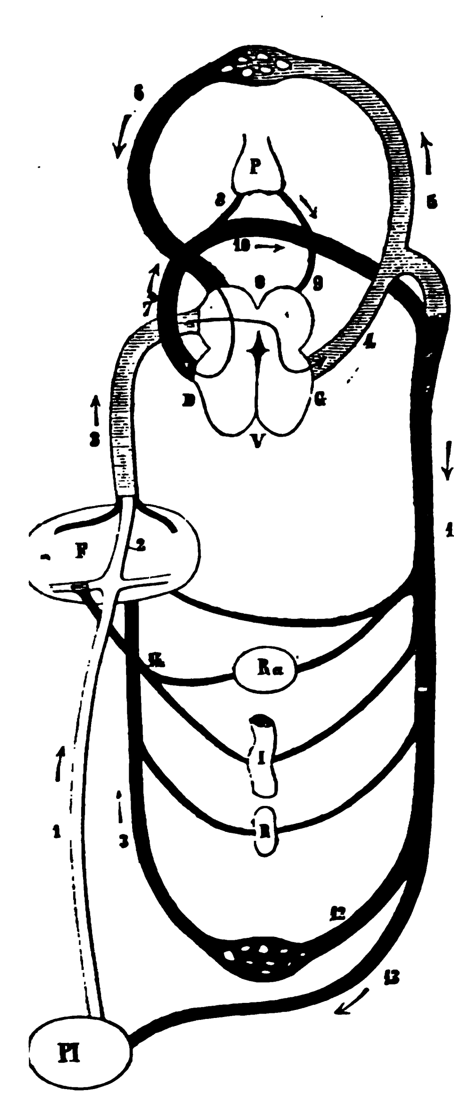


Fig. 258. — Circulation fœtale.
(Figure schématique, voir page 1045.)

Fig. 258. — O, oreillettes. — V, ventricules. — D, cœur droit. — G, cœur gauche. — P, poumons. — Ra, rate. — I, intestin. — R, reins. — Pl, placenta. — F, foie. — 1, veine ombilicale. — 2, canal veineux. — 3, veine cave inférieure. — 4, aorte. — 5, branches aortiques de la tête et des membres supérieurs. — 6, veine cave supérieure. — 7, artère pulmonaire. — 8, ses branches pulmonaires. — 9, veines pulmonaires. — 10, canal artériel. — 11, aorte descendante. — 12, branches pour les extrémités inférieures. — 13, artères ombilicales. — 14, veine porte. La direction des flèches indique la direction du courant sanguin; la teinte plus ou moins foncée indique la qualité nutritive du sang, le blanc indique le sang le plus nutritif (artérialisé); le noir le sang le moins nutritif (veineux).

dans les derniers mois de la grossesse, sont des mouvements purement réflexes, qui se présentent aussi chez les acéphales.

La circulation fœtale placentaire offre des particularités physiologiques importantes qui ont pour base l'absence même de respiration pulmonaire et la disposition anatomique des diverses parties de l'appareil circulatoire, existence du trou de Botal, du canal artériel, du canal veineux, etc. (Voir : Beaunis et Bouchard, *Anatomie*, 2e édition, page 1055.)

La figure 258 (p. 1047) représente schématiquement la circulation fœtale placentaire, telle qu'elle a lieu dans les derniers mois.

La circulation placentaire se fait de la façon suivante : le sang revient artérialisé du placenta par la veine ombilicale ; arrivé au foie F, une partie de ce sang passe directement dans la veine cave inférieure par le canal veineux, 2 ; l'autre partie va se distribuer dans le foie, par les veines hépatiques afférentes (branches futures de la veine porte), avec le sang que la veine porte,

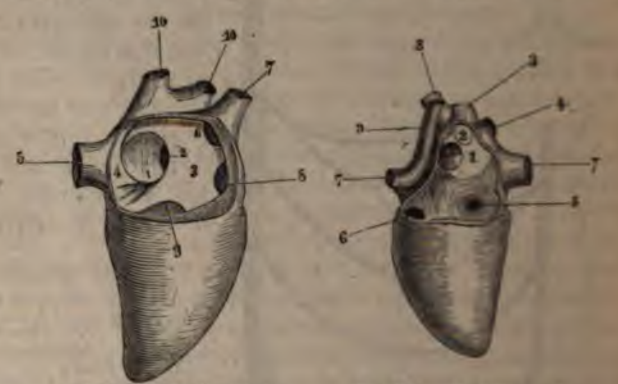


Fig. 259. — Oreillette droite. *Fig.* 260. — Oreillette gauche.

14, ramène de l'intestin, de la rate, etc. ; ce sang, après avoir traversé le foie, arrive à son tour dans la veine cave inférieure.

Fig. 259. — L'oreillette droite est ouverte par sa partie externe et postérieure. — 1, valvule du trou de Botal. — 2, ouverture du trou de Botal conduisant dans l'oreillette gauche. — 3, paroi interne de l'oreillette droite antérieure au trou de Botal. — 4, valvule d'Eustachi. — 5, veine-cave inférieure. — 6, ouverture de — 7, la veine-cave supérieure. — 8, sinus [illegible] sant dans l'auricule droite. — 9, ouverture conduisant dans le ventricule droit. — 10, veines pulmonaires.

Fig. 260. — L'oreillette gauche est ouverte par sa partie postérieure et externe ; l'embouchure des veines pulmonaires gauches est enlevée. — 1, paroi de l'oreillette antérieure au trou de Botal. — 2, ouverture de la veine pulmonaire antérieure droite, 3. — 4, veine pulmonaire postérieure droite. — 5, orifice auriculo-ventriculaire. — 6, ouverture conduisant dans l'auricule. — 7, veine-cave inférieure. — 8, veine-cave supérieure. — 9, artères pulmonaires.

qui reçoit encore le sang veineux revenant des extrémités inférieures et des reins.

Ce sang, contenu dans la veine cave inférieure, 3, au-dessus du foie, est donc déjà du sang mélangé. Ce sang arrive dans l'oreillette droite et est dirigé immédiatement par la valvule d'Eustache (*fig.* 259, 4) dans le trou de Botal (*fig.* 259 et 260) et dans l'oreillette gauche; là il se mélange encore au sang veineux qui revient par les veines pulmonaires (*fig.* 258, 9). De là, ce sang passe dans le ventricule gauche, et du ventricule gauche dans l'aorte, 4, qui l'envoie dans la tête et dans les extrémités supérieures. Au-dessous de l'origine des artères destinées à ces parties, le sang de l'aorte subit un nouveau mélange par l'addition du sang qui arrive par le canal artériel, 10.

Après avoir nourri la tête et les extrémités supérieures, le sang revient par la veine cave supérieure, 6, dans l'oreillette droite, de l'oreillette droite dans le ventricule droit, et de celui-ci dans l'artère pulmonaire, 7. Les poumons ne fonctionnant pas chez le fœtus, une très-petite quantité de sang passe dans les poumons par les branches de l'artère pulmonaire, 8, pour revenir ensuite par les veines pulmonaires, 9, dans l'oreillette gauche; la plus grande partie passe dans le canal artériel, 10, et va se mélanger au sang contenu dans l'aorte descendante. Ce sang très-mélangé se distribue avec l'aorte descendante et va nourrir les extrémités inférieures pour revenir à l'état de sang veineux par la veine cave inférieure; mais la plus grande partie retourne au placenta par les artères ombilicales pour s'y charger de matériaux nutritifs au contact du sang de la mère.

On voit que les différents organes du fœtus reçoivent un sang qui présente des qualités différentes, suivant les points que l'on considère. Au point de vue de la qualité du sang qu'ils reçoivent, on peut les classer en quatre catégories : 1° le foie; 2° le cœur, la tête et les extrémités supérieures; 3° les extrémités inférieures, le tronc et les organes abdominaux; 4° les poumons.

Le foie reçoit le sang le moins mélangé: en effet, il reçoit le sang venant directement du placenta, et de plus le sang veineux de l'intestin, de la rate, du pancréas et le sang de l'artère hépatique qui est déjà très-mélangé; mais le sang pur domine dans sa circulation; le foie se trouve donc en réalité, vis-à-vis des matériaux de nutrition, dans les mêmes relations chez le fœtus qu'après la naissance : seulement, après la naissance, ces matériaux

de nutrition sont absorbés dans l'intestin et lui arrivent par la veine porte. Chez le fœtus, ils sont absorbés dans le placenta et lui arrivent par la veine ombilicale.

La circulation placentaire se distingue donc de la circulation ordinaire par l'absence de petite circulation et par la communication des cœurs droit et gauche. Les quatre cavités du cœur sont utilisées pour la circulation générale; aussi la tension doit-elle être la même dans le cœur droit et dans le cœur gauche, et ne trouve-t-on pas, pendant la vie fœtale, l'inégalité d'épaisseur des parois des deux ventricules, inégalité qui s'accentue rapidement dès que la circulation pulmonaire s'établit. Chez le fœtus à terme, le cœur fait en moyenne 140 pulsations par minute.

2. — PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME DE LA NAISSANCE A LA MORT.

1° *Physiologie du nouveau-né.*

A la naissance, les conditions d'existence du fœtus sont complétement et subitement changées, et il s'ensuit dans la circulation des modifications capitales qui mènent à l'établissement de la circulation pulmonaire. Toute communication est interrompue avec le placenta et, par suite, il survient une oblitération des artères ombilicales et de la veine ombilicale jusqu'à l'abouchement de la veine porte et du canal veineux. En même temps, les poumons, en se dilatant pour la première inspiration, sont le siége d'un afflux sanguin considérable; le courant sanguin de l'artère pulmonaire, qui passait presque en entier par le canal artériel dans l'aorte, est détourné vers les poumons; le sang passe de moins en moins dans le canal artériel qui se rétrécit, puis s'oblitère au deuxième ou au troisième jour. Le sang revient en masse des poumons par les veines pulmonaires qui se dilatent; le courant sanguin des veines pulmonaires remplit alors l'oreillette gauche et s'oppose à ce que le courant provenant de la veine cave inférieure pénètre dans cette oreillette par le trou de Botal; ce trou s'oblitère à son tour dès qu'il ne donne plus passage au sang et ainsi s'établit la circulation pulmonaire définitive.

La cause de la première inspiration a été très-controversée. On a vu, dans la physiologie de la moelle allongée (voir page 993),

quelles sont les conditions qui excitent l'activité du centre inspirateur; ces conditions (sang chargé d'acide carbonique, excitations sensitives cutanées, etc.) ne se rencontrent pas pendant la vie fœtale; dès que l'interruption de la circulation placentaire a lieu, l'acide carbonique produit dans les contractions du cœur ne trouvant plus dans le placenta maternel une voie d'élimination, s'accumule rapidement dans le sang et va exciter le centre inspirateur; à cette influence du sang chargé d'acide carbonique s'ajoute l'action excitante de l'air extérieur et du froid sur la peau habituée à la température uniforme et au contact de l'eau de l'amnios. Le nombre des respirations est d'environ 44 par minute, le nombre des pulsations cardiaques est de 130. La température du rectum est de 37°8 ; mais elle baisse dans les premières heures de 1° à 1°5, pour remonter ensuite à 37°5. Le foie a une circulation moins active, il est moins foncé; la quantité de bile qu'il sécrète augmente, et cette augmentation produit l'*ictère des nouveau-nés*. L'urine et les reins contiennent des cylindres constitués par des cellules épithéliales et des urates d'ammoniaque. Les glandes mammaires sécrètent souvent un liquide lactescent. Quelques heures après la naissance, la faim se fait sentir et détermine de l'agitation, des cris et des mouvements de succion; la vie du nouveau-né se partage entre le sommeil et la lactation.

2° *Première enfance.*

La première enfance s'étend depuis les premiers jours de la naissance jusqu'à l'éruption des premières dents de lait, c'est-à-dire jusqu'à sept à huit mois environ. Pendant cette période, la vie est presque exclusivement végétative; l'alimentation journalière représente le cinquième ou le sixième du poids du corps ; la respiration, la digestion, l'absorption alimentaire sont plus actives, relativement que chez l'adulte, et il en est de même pendant toute la période infantile; le système lymphatique prédomine; le sang contient plus de globules blancs et moins de globules rouges; les organes lymphoïdes, la rate, le thymus, les glandes lymphatiques sont très-développés; les selles sont jaune clair, demi-liquides, peu odorantes, et contiennent de la bile inaltérée, beaucoup de graisse et de la caséine coagulée. L'accroissement des organes et des tissus est considérable; la taille

[redacted]

de 5 centimètres par an chez les garçons et de 4 chez les filles. Le nombre des pulsations cardiaques est de 91 à dix ans, de 82 à quinze ans. L'intelligence participe au développement des autres fonctions, et les notions acquises à cette époque se fixent avec une très-grande facilité dans la mémoire. Quoique les organes génitaux ne soient pas encore dans leur période d'évolution, les caractères psychiques distinctifs des sexes s'accusent déjà d'une façon très-nette dans les jeux et les occupations de la jeunesse.

5° *Adolescence.*

L'établissement de la puberté marque la limite entre la jeunesse et l'adolescence. L'évolution rapide des organes génitaux modifie profondément toute la constitution ; le système pileux se développe ; la voix prend des caractères particuliers ; la sécrétion sébacée augmente ; la graisse du corps diminue ; la taille prend souvent un accroissement brusque ; la capacité vitale s'accroît très-vite, en un mot toutes les parties du corps se hâtent, pour ainsi dire, de suivre le développement des organes génitaux et d'atteindre leur maximum de puissance et de virilité. Jusqu'ici, la vie n'avait qu'un but, le but de la conservation individuelle; un nouveau but apparaît alors, la conservation de l'espèce, et le besoin instinctif par lequel il se révèle, modifie profondément l'activité psychique de l'adolescent. Des sentiments, des désirs, des émotions, des idées nouvelles occupent et dominent l'intelligence.

6° *Age viril.*

Jusqu'ici l'assimilation l'avait emporté sur la désassimilation ; le corps s'accroissait continuellement. Maintenant il n'en est plus de même ; la croissance s'arrête ; l'assimilation l'emporte encore sur la désassimilation, mais l'excès de matériaux nutritifs introduits ne sert plus, comme auparavant, à l'accroissement de l'individu, il sert à l'accroissement de l'espèce ; il est destiné à fournir les matériaux de la reproduction qui serviront à constituer de nouveaux êtres. L'âge viril comprendra donc la période de virilité de l'homme, période qui peut s'étendre depuis vingt-deux jusqu'à soixante ans. Mais dans cette longue période, il convient

contractilité des fibres lisses des différents appareils organiques se perd peu à peu; la miction est difficile, les digestions laborieuses, la défécation pénible. La sensibilité s'émousse; l'œil devient presbyte, hypermétrope; la latitude d'accommodation se réduit peu à peu à zéro; les milieux transparents se troublent (arc sénile); l'oreille est dure; le toucher moins délicat; les facultés intellectuelles s'affaiblissent; la mémoire se perd, etc., et ce déclin, s'accentuant toujours de plus en plus, amène la caducité et la décrépitude, si quelque affection intercurrente ne vient pas, ce qui arrive ordinairement, terminer l'existence. Les conditions histologiques de cette rétrogradation fonctionnelle de la vieillesse paraissent être la diminution de la quantité d'eau et la dégénérescence graisseuse de la plupart des éléments anatomiques, l'infiltration calcaire de certains tissus et en résumé une atrophie générale.

Bibliographie. — QUÉTELET : *Physique sociale.* Voir aussi les traités d'hygiène.

2. — DES SEXES.

1° *Influence de la sexualité sur l'organisme.*

La sexualité influence toutes les fonctions de l'organisme, comme le prouvent les modifications profondes qui se produisent à la puberté et à l'âge de retour, et comme le démontrent aussi les résultats de la castration. Chez l'enfant, ces modifications sont peu prononcées, quoiqu'on en trouve déjà des traces, mais ce n'est qu'à la puberté que s'accusent les différences sexuelles. Nous allons passer rapidement en revue les principaux caractères qui distinguent, au point de vue physiologique, l'organisme féminin de celui de l'homme.

La taille de la femme est moins élevée (de 7 à 8 centimètres) que celle de l'homme. Jusqu'à douze ans, l'accroissement de la taille suit à peu près la même marche dans les deux sexes; à partir de cette époque, la taille s'accroît plus vite chez la femme, mais elle atteint aussi plus tôt son point culminant; il en est de même, du reste, pour la plupart des fonctions de la femme; elles se développent plus vite, mais leur rétrogradation est plus précoce. Le poids de la femme est moins considérable (de 9 kilogr. environ), elle arrive aussi plus tard (30 ans) au maximum de son

poids. Le sang contiendrait moins de globules et de principes fixes et serait plus riche en eau; mais ces faits méritent confirmation. L'appareil digestif est moins développé, la quantité d'aliments ingérés, et surtout d'aliments d'origine animale, moins considérable. La capacité vitale est plus faible (2,500 centimètres cubes); la proportion du carbone brûlé est moindre, et cette différence est plus accentuée encore après la puberté; la perspiration cutanée est moins intense que chez l'homme; la respiration est plus fréquente; il en est de même des battements du cœur, comme le montre le tableau suivant emprunté à Guy :

AGE.	FRÉQUENCE DU POULS.		AGE.	FRÉQUENCE DU POULS.	
	Homme.	Femme.		Homme.	Femme.
—	—	—	—	—	—
2 à 7 ans.	97	98	42 à 49 ans.	70	77
8 à 14 —	84	94	49 à 56 —	67	76
14 à 21 —	76	82	56 à 63 —	68	77
21 à 28 —	73	80	63 à 70 —	70	78
28 à 35 —	70	78	70 à 77 —	67	81
35 à 42 —	68	78	77 à 84 —	71	82

La respiration se fait surtout d'après le type costal ou costo-claviculaire. La voix est plus haute, moins intense, d'un timbre plus doux. Le squelette est moins développé; celui de l'homme forme 10 pour 100 du poids du corps, celui de la femme 8 pour 100 seulement; les os sont plus grêles, les saillies d'insertion, les crêtes et les dépressions moins marquées; certains os en particulier et certaines régions (crâne, bassin, etc.) présentent des caractères distinctifs décrits dans les traités d'anatomie; les articulations sont plus fines, les ligaments et les tendons plus grêles, les muscles moins volumineux; la force musculaire, mesurée au dynamomètre, est d'un tiers à peu près au-dessous de celle de l'homme. La forme générale du corps, l'attitude, la marche, etc. sont différentes; la graisse accumulée dans le tissu cellulaire sous-cutané masque les saillies musculaires, déjà peu prononcées par elles-mêmes, et arrondit les formes; la ligne serpentine domine chez la femme, ce qui constitue une des conditions de sa beauté (Hogarth); la petitesse de la tête, la délicatesse des traits du visage dont la barbe ne masque aucun détail, la rondeur et la longueur du col, le développement des seins, la déclivité des épaules, la largeur du bassin, la conicité des cuisses, la finesse des extrémités, contrastent avec l'aspect physique de l'homme

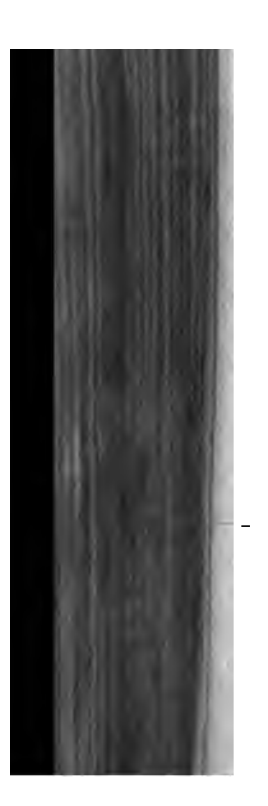
Le cerveau est plus petit et moins pesant que celui de l'homme, et ses parties postérieures sont plus développées; le système nerveux est plus excitable, la sensibilité physique plus vive, les actions réflexes plus intenses.

A ces différences physiques correspondent des différences dans l'intelligence, la sensibilité, le caractère. L'intelligence a plus de vivacité et moins de profondeur, les associations d'idées se font plutôt dans l'espace que dans le temps, par contiguïté que par causalité ; la femme est plus apte aux idées particulières et individuelles, l'homme à la généralisation et à l'abstraction ; le côté objectif domine chez la femme, le côté subjectif chez l'homme ; elle est plus passive, l'homme plus actif; l'influence de l'éducation première persiste plus longtemps chez elle ; elle aime le merveilleux et le surnaturel et tombe facilement dans le sentimentalisme, la religiosité et la superstition ; le doute l'effraye, quelque scientifique qu'il soit, et elle préfère croire sans vouloir approfondir ni raisonner sa croyance. L'amour, la maternité, la famille remplissent son existence, et son dévouement, susceptible de s'exalter jusqu'à l'héroïsme, a plutôt en vue les personnes que les idées. Son caractère est faible ; elle ne connaît ni l'inflexibilité des principes, ni la puissance de la raison; elle se guide d'après ses sentiments, ses passions, ses émotions de chaque jour ; mais elle est naturellement si bien douée que la raison seule ne serait pas pour elle un meilleur guide, et que l'homme avec toute sa logique est bien souvent obligé de s'incliner devant ce merveilleux instinct de la femme.

2° *Causes de la différence des sexes.*

Il naît en moyenne 106 enfants mâles pour 100 enfants du sexe féminin. Les conditions qui déterminent le sexe du produit ne sont pas encore connues. On ne sait ni pourquoi, ni à quel moment la sexualité apparaît. Existe-t-elle déjà dans l'ovule avant la fécondation, quoique le microscope ne révèle aucune différence, ou est-elle due aux spermatozoïdes, ou bien est-elle postérieure à la fécondation et tient-elle à la mère elle-même ? Il est impossible de répondre à ces questions.

L'alimentation paraît avoir de l'influence sur le sexe. Une nourriture insuffisante produirait des mâles; dans les deux tiers



de filles, quand la mère est plus âgée, il y
filles. Beaucoup de statistiques ne s'accorde

D'après Thury, le sexe dépendrait du
l'œuf au moment où il est fécondé ; l'œuf
fecondation, n'a pas atteint un certain degr
une femelle ; si ce degré est dépassé, il d
un seul ovule descend de l'ovaire, la féc
femelle au début de la menstruation, un
dans une même période, plusieurs œufs se
les premiers sont en général moins dévelc
femelles ; les derniers sont plus mûrs et do
pourrait ainsi obtenir une génisse en faisan
début du rut, un veau en la faisant sailli
suivant ces indications, dit avoir toujours
exacts. Mais ces observations ont été comb
d'expérimentateurs.

Enfin le sang joue peut-être un rôle dans
cas de fœtus acardiaques, chez lesquels le s
jumeau, dont les vaisseaux communiquent a
acardiaque a le même sexe que le fœtus sain
déterminerait le sexe et les deux fœtus au
parce qu'ils auraient le même sang. Les em
sans sexe jusqu'au moment où la soudure p
et les causes de la sexualité résideraient n
dans la mère.

[redacted]

temps plus ou moins long l'excitabilité de ses nerfs, la contractilité musculaire, les propriétés vitales de son épiderme, etc. L'interruption de la circulation, la séparation d'avec les centres nerveux n'abolissent donc pas *immédiatement* la vie des éléments, des tissus et des organes; seulement ils sont fatalement condamnés à mourir au bout d'un temps déterminé, quand ils auront épuisé les matériaux indispensables à la manifestation de l'activité vitale qu'ils possédaient encore au moment de la séparation. Au moment de la mort, l'organisme humain se trouve tout entier dans le cas de cette jambe coupée ; la respiration est arrêtée, le sang ne circule plus, mais chaque organe continue encore à vivre, et la durée de cette vie locale, *post mortem*, varie pour chaque organe suivant sa structure, sa composition chimique, ses rapports, etc. Il faut donc distinguer la *mort générale, somatique*, de la *mort locale* ou *moléculaire*. La première suit immédiatement l'arrêt de la circulation et de la respiration, la seconde ne leur succède qu'au bout d'un certain temps, et ce n'est que dans des circonstances exceptionnelles, comme dans la fulguration, que la mort somatique coïncide avec la mort moléculaire et que les éléments et les tissus sont atteints en même temps que les grandes fonctions de l'organisme.

Pour qu'un élément ou qu'un tissu puisse fonctionner, puisse vivre, il faut qu'il réunisse trois conditions : 1° l'abord de l'oxygène; 2° l'abord des matériaux de nutrition ; 3° une organisation déterminée. Cet élément, ce tissu mourra donc quand l'oxygène ou les matériaux de nutrition ne pourront lui arriver ou quand il sera désorganisé (chimiquement, mécaniquement, etc.). Le sang étant le véhicule de l'oxygène et des matériaux de nutrition, tout ce qui interrompra l'abord du sang (hémorrhagie, ligature, embolie, arrêt du cœur, etc.), tout ce qui empêchera le sang de recevoir de l'oxygène (arrêt de la respiration, destruction des globules rouges, gaz toxiques, comme l'oxyde de carbone, etc.) ou des matériaux de nutrition (inanition) deviendra une cause de mort.

Ces diverses causes de mort peuvent agir sur tous les tissus et sur tous les organes. Quand un organe peu important est atteint, cet organe meurt, mais sa mort n'a pas d'influence fatale sur le reste de l'organisme ; mais si, au contraire, la cause de mort atteint un des organes qui sont nécessaires à la vie générale de l'organisme, le cœur, le poumon, le bulbe, etc., la mort locale



Fig. 261. — Graphique de la dernière respiration.

à peine distincte; la parole est hésitante, embarrassée; il marmotte des mots incompréhensibles; l'intelligence peut être conservée, mais ordinairement elle est affaiblie et quelquefois elle a tout à fait disparu; des lambeaux de sa vie passée, des souvenirs d'enfance, des rêves, tantôt agréables, tantôt pénibles, paraissent traverser cette intelligence qui s'en va et en sont comme les dernières lueurs; c'est l'heure des retours sur soi-même, des regrets, des repentirs, mais c'est aussi l'heure des défaillances; il n'y a plus ni volonté, ni caractère; l'inertie psychique égale l'inertie physique. Peu à peu tous ces phénomènes s'aggravent; la vie n'est bientôt plus qu'un souffle invisible, qu'une pulsation imperceptible; tout va finir, la dernière expiration se fait (*fig.* 261), le cœur s'arrête. L'homme n'est pourtant pas un cadavre; les organes, les tissus, les éléments vivent encore d'une vie locale, jusqu'à ce que ces restes d'existence aient disparu aussi, jusqu'à ce que la mort moléculaire ait suivi la mort somatique et laissé le champ libre à la putréfaction cadavérique, seul signe absolument certain de la mort réelle et totale de l'organisme.

De la mortalité. — Sur les 1.200 millions d'hommes qui vivent à la

[redacted]

ANNÉES.	NAISSANCES.	DÉCÈS.	AUGMENTATION de la population.
—	—	—	—
1865....	1,005,753	921,887	83,866
1866....	1,006,248	884,573	121,675
1867....	1,007,755	866,887	140,868
1868....	984,140	922,038	62,102
1869....	998,727	914,340	71,911

La mortalité est plus forte dans certaines saisons. Le tableau suivant donne la mortalité pour cent pour cinq pays, par saisons :

	Janvier. Février. Mars.	Avril. Mai. Juin.	Juillet. Août. Septembre.	Octobre. Novembre. Décembre.
	—	—	—	—
France	28,00	24,93	23,16	23,91
Angleterre.	28,013	25,793	21,903	24,295
Belgique.	31,098	26,125	20,843	21,935
Hollande.	31,30	24,90	21,15	22,65
Prusse	28,498	23,867	22,691	24,944

CHAPITRE TROISIÈME.

ACTION DES MILIEUX SUR L'ORGANISME.

A. — INFLUENCES MÉTÉOROLOGIQUES.

1° *Température extérieure.*

D'une façon générale, le froid active la nutrition, la chaleur la ralentit. Pendant l'hiver, toutes les fonctions digestives sont exaltées ; le corps gagne en poids, il est plus riche en graisse. L'urine est plus abondante, plus aqueuse, mais la quantité absolue d'urée et de principes fixes augmente. Les respirations sont plus fréquentes et plus profondes ; on inspire plus d'oxygène et on élimine plus d'acide carbonique. La température extérieure influence surtout les fonctions de la peau, circulation, sécrétion sudorale, perspiration cutanée (voir page 719). Quelle que soit la température extérieure, la chaleur propre du corps reste à peu près constante, à moins que le changement de température ne soit porté à l'extrême ; la peau seule subit l'influence de ces variations ; ainsi en hiver la différence entre la température de la peau et celle des organes intérieurs est plus considérable.

En été, les mouvements volontaires sont moins énergiques, les mou-

[redacted]

malaya, est à 4,800, hauteur du Mont-Blanc. Les explorateurs et les aéronautes ont atteint des altitudes supérieures (ascension du Chimborazo, 6,000 mètres, par Boussingault; ascension de l'Ibi-Ganim, 7,400 mètres, par V. Schlagintweit; ascension en ballon de Coxwell à 11,000 mètres, etc.).

Les phénomènes qui accompagnent les diminutions rapides de pression sont les suivants : gonflement des vaisseaux cutanés et des veines superficielles; hémorrhagies par le nez, la bouche, la muqueuse pulmonaire; augmentation de la sueur et de la perspiration cutanée; les respirations sont gênées, fréquentes, irrégulières; le nombre des pulsations s'accroît; la voix est moins intense et prend un autre timbre; les muscles, surtout ceux des extrémités inférieures, se fatiguent facilement; le tympan se tend, et cette tension détermine des bourdonnements d'oreille et de la surdité; il y a des douleurs de tête, des vertiges et enfin perte de connaissance.

Les recherches de Bert ont montré que les accidents sont dus, dans ces cas, à la diminution de tension de l'oxygène et à la diminution consécutive de la quantité d'oxygène du sang (*anoxyhémie* de Jourdanet), et qu'ils peuvent être combattus avec succès par l'inspiration d'oxygène de façon à ramener la tension de ce gaz au degré convenable.

2° *Augmentation de pression.* — Les phénomènes de l'augmentation de pression (cloches à plongeurs, plongeurs, travail dans l'air comprimé) varient suivant la pression atmosphérique. Quand la pression n'augmente que de quelques atmosphères, les respirations sont irrégulières, moins fréquentes, plus profondes; l'expiration est plus courte, la pause expiratoire plus prononcée; la peau pâlit; les veines superficielles sont affaissées; le pouls diminue de fréquence; les mouvements musculaires sont plus faciles, etc. Mais les accidents graves ne se montrent que vers cinq atmosphères, et non pas pendant le séjour dans l'air comprimé, mais au moment de la décompression; si cette décompression est brusque, les accidents sont dus, comme l'a montré Rameaux, au retour à l'état gazeux des gaz du sang et spécialement de l'azote et de l'acide carbonique (Bert), à l'obturation des capillaires par les bulles gazeuses, obturation qui détermine des lésions anatomiques de différents organes.

Bert a prouvé que les phénomènes qui se produisent dans l'air comprimé sont dus à l'augmentation de tension de l'oxygène et à l'augmentation de proportion d'oxygène du sang. Quand la pression atmosphérique augmente jusqu'à vingt atmosphères, ce qui correspond à quatre atmosphères d'oxygène pur, les phénomènes prennent un caractère de gravité redoutable et la mort arrive avec des convulsions tétaniques et épileptiformes; cette *action toxique de l'oxygène* se produit quand la quantité d'oxygène du sang atteint 35 centimètres cubes pour 100 centimètres cubes de sang, c'est-à-dire est le double de la quantité normale (18 à

[redacted]

électrodes sont égales, est au maximum au point d'application des électrodes, et diminue à mesure qu'on s'éloigne du point d'application ; quand les électrodes sont inégales, le maximum de densité se trouve au point d'application de l'électrode la plus étroite. Moins il y a de distance entre les points d'application des deux électrodes, plus la densité de l'électricité est considérable sur la ligne qui joint directement ces deux points d'application. Si on applique, par exemple (*fig.* 262), une

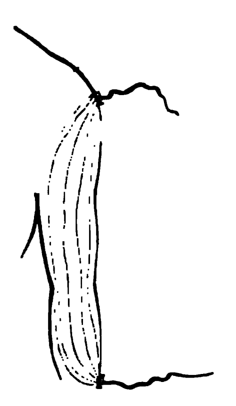


Fig. 262. — Électrodes éloignées. (Fick.)

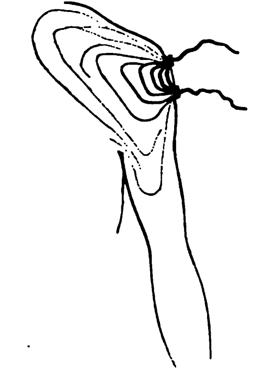


Fig. 263. — Électrodes rapprochées. (Fick.)

électrode sur l'épaule, l'autre sur l'avant-bras, le courant se répandra dans tout le bras presque uniformément, et sa densité ne sera pas assez considérable pour produire des contractions musculaires. Si au contraire on rapproche les électrodes, comme dans la figure 263, l'intensité totale du courant n'est pas changée, mais l'électricité s'accumule en plus grande quantité sur la ligne qui joint directement les deux

---

la composent, ou *résistance intérieure*, soit R. En tenant compte de ces deux quantités, la formule devient : $I = \frac{E}{R + r}$.

La résistance extérieure est directement proportionnelle à la longueur du conducteur et inversement proportionnelle à sa section transversale. Quand les résistances extérieures sont très-grandes, comme dans le corps humain, il faut, pour augmenter l'intensité du courant, augmenter proportionnellement le *nombre* des éléments ; quand les résistances extérieures sont très-faibles, comme dans un fil galvanocaustique, il faut, pour augmenter l'intensité du courant, accroître la *surface* de chaque élément.

La résistance des tissus de l'organisme est en raison inverse de leur quantité d'eau. En représentant par 1 la résistance des muscles, on aura, pour les principaux tissus, les chiffres suivants : tendon et cartilage, 1,8 ; nerf, 1,9 ; os, 16 à 22.



électrodes, et sa densité est asse
tion du deltoïde, tandis que dan
trop faible pour déterminer une

L'épiderme étant très-mauva
ne peut passer que par les poi
conducteurs, c'est-à-dire par les
tricité traverse donc cet épider
fondes, non en nappe, mais pa
une densité assez forte pour exc
une fois traversé, elle se diffuse
bonnes conductrices, et sa densi
muscles. Si on mouille l'épidе
conducteur, et l'électricité le t
continue dont la densité, en ch
les nerfs cutanés. Il faudra doi
cutanés, employer des électrode
on voudra exciter les muscles.

Pour la différence des courar
voir les *Traités d'électricité mé*

2. — ACTION DE L'ÉL
ET LE

1° *Électrotonus de*

Quand on fait passer par un p
tant (courant excitateur) de mên
le courant propre du nerf est ren
Quand le courant excitateur est
au contraire, est diminué (*phase*
tions du courant nerveux ne s
comprise entre les deux pôles
de chaque côté, au delà de la régi
mités du nerf. Tout le nerf subit
traduit au galvanomètre par un
excitateur ; cet état constitue l'él
etc.). Fick, Erb, E. Cyon ont obte
résultats qui concordent avec
nouille. Dans les muscles, l'éle
la partie du muscle traversée par

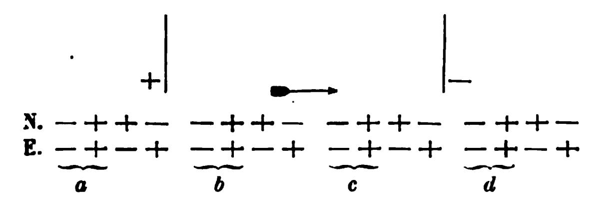
Pour expliquer les phénomène
nerveuses (voir page 731) compo



:ctro-moteurs ayant la disposition suivante et constitués chacun : deux molécules dipolaires :

- + + — — + + — — + + — — + + —

)ans l'électrotonus, elles prendraient la disposition suivante :



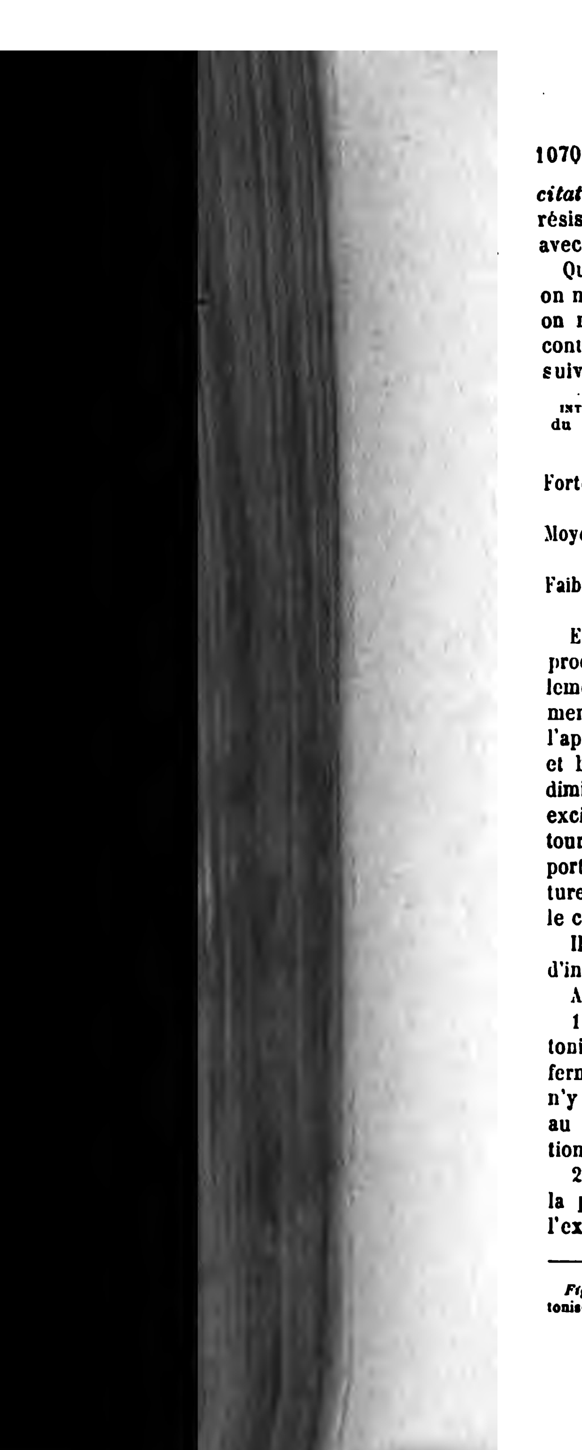
;es molécules dipolaires tournent leur pôle négatif vers l'électrode itive, leur pôle positif vers l'électrode négative, le courant marchant s le nerf dans le sens de la flèche (N indique la disposition normale, état électrotonique); on voit que les molécules dipolaires *a, b, c, d* changent pas et que les autres subissent une rotation de 180°.

2° *Anélectrotonus et katélectrotonus.*

)uand un nerf est parcouru en un point par un courant constant, ı excitabilité est notablement modifiée. Elle est diminuée du côté du e positif ou de l'anode (*anélectrotonus*), augmentée du côté du pôle ;atif ou cathode (*katélectrotonus*). Ces modifications d'excitabilité tendent au delà des pôles dans une certaine longueur du nerf; entre deux électrodes, dans la région intra-polaire, se trouve un point *int indifférent*) dans lequel l'excitabilité primitive du nerf n'a subi ni ;mentation, ni diminution ; ce point, pour les faibles courants, est ıs le voisinage de l'anode, pour les forts, dans le voisinage du cade. L'influence de l'électrotonus est au maximum dans le voisinage pôles.

l la force du courant de la pile augmente, ces changements d'excilité augmentent jusqu'à un maximum, puis diminuent et enfin disissent pour se remontrer de nouveau, mais en sens inverse. Après essation du courant polarisant, l'excitabilité revient à ce qu'elle t auparavant, mais après avoir passé par une phase inverse, augmen- ›n d'excitabilité à l'anode, diminution au cathode. Chez l'homme, ›ourants constants amènent aussi des modifications de l'excitabilité nerfs.

› courant polarisateur modifie non-seulement l'excitabilité du nerf, ı il modifie aussi la *faculté que possède le nerf de transmettre l'ex-*



citation ; la partie du nerf en a
résistance à la transmission de
avec la durée et l'intensité du co

Quand on fait passer un coura
on n'a de contractions qu'à la fe
on n'a pas de contractions pe
contractions de fermeture et d'
suivante (*lois de Pflüger*), selon

INTENSITÉ du courant.	COURANT ASCENDAN
Forte. . . .	Fermeture. — Repos
	Ouverture. — Contr
Moyenne . . .	Fermeture. — Contr
	Ouverture. — Contr
Faible . . .	Fermeture. — Contr
	Ouverture. — Repos

En résumé, l'action excitant
produit, à la fermeture du coura
lement; à l'ouverture du coura
ment, ou autrement dit le nerf r
l'apparition (ou l'augmentation)
et bien moins fortement par la
diminution) de l'anélectrotonus.
excitateur a la direction ascenda
tourné vers le muscle), à la fer
porte sur la partie supérieure
ture sur la partie inférieure;
le courant descendant.

Il est possible, avec les don
d'interpréter les lois de Pflüger.

A. Dans le courant ascendan

1° *Si le courant est fort,* l
tonisée A perd sa conductibil
fermeture F ne peut se transm
n'y a pas de contraction. A l'ou
au contraire, l'anélectrotonus A
tion se produit à l'anode *o* et le r

2° *Si le courant est moyen,*
la partie anélectrotonisée A n'e
l'excitation produite à l'ouvertu

Fig. 264 et 265. — M, muscle. — K, p
tonisée. — *o*, anode. — *f*, cathode. — La

[redacted]

du courant se transmet jusqu'au muscle, qui se contracte dans les deux cas.

3° *Si le courant est très-faible*, l'excitation ne se produit que dans le point du nerf dont l'excitation a le plus grand effet, et on sait que c'est le point le plus éloigné du muscle; la contraction se produit donc à la fermeture du courant.

B. DANS LE COURANT DESCENDANT (*fig.* 265) :

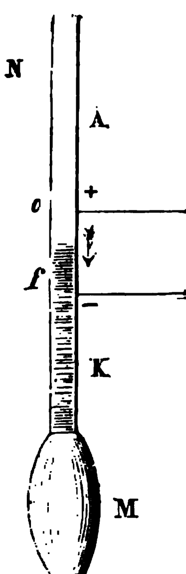


Fig. 265.— Loi de Pflüger, courant descendant.

1° *Si le courant est fort*, l'excitation de fermeture F produira une contraction du muscle; l'excitation d'ouverture agissant sur une partie anélectrotonisée, *o*, ne produira rien.

2° *Si le courant est moyen*, la contraction se fera à l'ouverture et à la fermeture du courant pour la même cause que précédemment.

1° *Si le courant est très-faible*, comme c'est l'excitation du point le plus éloigné du muscle qui détermine la contraction, il devrait y avoir contraction à l'ouverture du courant; mais comme l'apparition du katélectrotonus est un plus fort excitant que la disparition de l'anélectrotonus, l'effet produit par celle-ci est trop peu intense et la contraction ne se fait qu'à la fermeture du courant.

La loi de Pflüger peut se formuler d'une façon plus générale encore : il y a irritation du nerf aussitôt que des forces extérieures quelconques viennent changer avec une certaine rapidité sa constitution moléculaire intérieure; un état statique des nerfs n'est jamais accompagné d'irritation.

Des courants constants très-faibles peuvent aussi tétaniser le nerf. Pour les courants très-intenses, le tétanos ne se produit qu'à la rupture du courant (*tétanos de Ritter*); il disparaît quand on ferme le courant dans la même direction, et se renforce quand on le ferme dans la direction opposée; ce tétanos dépend d'une forte excitation par la disparition de l'anélectrotonus; il cesse quand on sépare du muscle la région anélectrotonisée, ce qui ne peut se faire que dans le courant descendant par une coupe entre les électrodes au point indifférent. Si le courant est plus faible et dure moins longtemps, ou si l'excitabilité est diminuée par la mort du nerf, au lieu d'un tétanos d'ouverture, on a une contraction prolongée, puis une contraction simple.

D'après la *loi d'alternative de Volta*, le passage d'un courant dans une certaine direction diminuerait l'irritabilité du nerf pour les courants

de même direction et l'augmenterait pour ceux de sens contraire. Mais Rosenthal a montré que cette loi est inexacte; l'irritabilité est augmentée au moment où l'on interrompt le courant qui agit et où l'on fait naître un courant de sens contraire; elle est diminuée au moment où l'on fait naître un courant de même sens que le premier et où l'on interrompt un courant de sens contraire. Mais ces lois n'ont leur valeur que pour des courants faibles ou moyens; pour des courants très-forts, le tétanos de rupture qu'ils produisent est affaibli par les courants qui commencent, renforcé par les courants qui finissent, quel que soit le sens de ces courants (Pflüger).

Les lois de Pflüger sont applicables aussi aux nerfs d'arrêt, comme le pneumogastrique (Donders).

Quand les courants d'induction sont très-faibles, ils se comportent comme les courants constants et rentrent dans la loi de Pflüger.

Dans les nerfs sensitifs, le courant constant produit des sensations, non-seulement à l'ouverture et à la fermeture, mais pendant toute la durée du courant.

Engelmann a prouvé que les lois de Pflüger sont aussi applicables aux muscles. D'après Heidenhain, quand on fait passer un courant constant à travers un muscle fatigué, il recouvre son irritabilité; le rétablissement serait plus complet et plus persistant par le courant ascendant.

L'apparition subite du courant électro-tonique dans la région extra-polaire du nerf peut agir comme excitant sur un autre nerf qui lui est accolé et amener ainsi une contraction ou un *tétanos secondaire*. Il en est de même de la *contraction paradoxale* (voir p. 297); la variation électro-tonique du courant d'une fibre agit sur l'autre comme excitant.

3. — INFLUENCE DE L'ÉTAT ÉLECTRIQUE DE L'ATMOSPHÈRE.

Le corps humain n'a pas en général le même état électrique que l'atmosphère et que les corps environnants, mais habituellement l'équilibre entre notre corps et les corps ambiants s'établit sans phénomènes apparents, à moins qu'on ne prenne la précaution de l'isoler. L'électricité de l'homme est la plupart du temps positive, celle de la femme négative. Chez certaines personnes, le dégagement d'électricité libre est assez intense pour déterminer la production d'étincelles, spécialement quand l'atmosphère est très-sèche et par conséquent conduit mal l'électricité. Ces phénomènes se présentent assez fréquemment dans certaines parties de l'Amérique, et Carpenter, dans sa Physiologie, en cite quelques exemples curieux.

Bibliographie. — E. Cyon : *Principes d'électrothérapie.* (Voir aussi la bibliographie page 732.)

C. — TOXICOLOGIE PHYSIOLOGIQUE.

J'étudierai dans ce paragraphe un certain nombre de substances qui sont d'un emploi journalier dans les laboratoires de physiologie, soit pour faciliter l'expérimentation sur le vivant (anesthésiques et narcotiques), soit pour pénétrer et analyser le mécanisme des phénomènes vitaux en annihilant ou en exaltant leur activité. Le point de vue toxicologique et thérapeutique sera donc forcément laissé de côté pour s'en tenir au point de vue strictement physiologique.

1. — ANESTHÉSIQUES.

Les anesthésiques produisent tous une sorte d'ivresse, des troubles de la sensibilité, la perte de la conscience et du sommeil. A haute dose, tous les mouvements réflexes sont abolis, et si leur action se continue, la mort arrive par l'arrêt des mouvements du cœur et de la respiration. Tous les anesthésiques sont volatils et agissent directement sur les centres nerveux auxquels ils sont apportés par le sang; tous décomposent et détruisent les globules rouges, mais leur action anesthésique n'est pas liée à cette destruction, qui ne peut s'accomplir avec les faibles doses qui suffisent pour l'anesthésie. Seulement les analogies de composition de la substance nerveuse et des globules rouges (lécithine, graisse, cholestérine) semblent indiquer que cette action anesthésique est due à une altération, quelque légère qu'elle soit, de la substance nerveuse. La durée d'action d'un anesthésique dépend de la rapidité de son élimination et, par conséquent, en grande partie de sa volatilité. Ceux dont l'action est la plus fugace sont aussi ceux qui sont les plus volatils.

1° *Chloroforme*, $CHCl^3$.

L'action du chloroforme comprend deux stades : 1° un stade d'excitation des organes nerveux centraux ; 2° un stade de paralysie. *Dans le stade d'excitation,* le cerveau est congestionné, la face rouge, la pupille rétrécie; le pouls et la respiration sont accélérés ; chez l'homme, les sensations sont moins nettes, il y a des hallucinations, du délire, de l'agitation, etc. Quelquefois, tout à fait au début, on observe un ralentissement passager du cœur et de la respiration, ralentissement réflexe consécutif à l'irritation des muqueuses nasale et respiratoire par les vapeurs de chloroforme, irritation qui se transmet aux centres d'arrêt du cœur et de la respiration. Le *stade de paralysie* arrive plus ou moins vite et se

traduit par les caractères suivants : sommeil, résolution musculaire, perte des réflexes, diminution de fréquence du pouls et de la respiration, pâleur de la face; on constate aussi une anémie cérébrale. Le ralentissement du pouls et de la respiration dans ce stade est dû à une action directe de la substance sur les centres cardiaque et respiratoire. La pression sanguine artérielle diminue, et la température intérieure du corps s'abaisse. La pupille est élargie par paralysie centrale du sphincter pupillaire; l'action du sympathique sur la dilatation de la pupille persiste pendant tout le temps de la chloroformisation. L'utérus conserve sa contractilité, mais un peu affaiblie. La salivation est augmentée. L'action sur les centres nerveux suit la marche suivante : la conscience du moi se perd la première, puis les cellules sensitives des sens spéciaux sont atteintes; les sensations conscientes, tactiles, visuelles, etc., disparaissent (la conjonctive conserve la dernière sa sensibilité); mais les impressions qui déterminent les réflexes inconscients, tels que la déglutition, subsistent encore; bientôt elles sont abolies aussi et il ne reste plus que les impressions qui déterminent les actes automatiques, mouvements du cœur et mouvements respiratoires. La perte de la sensibilité dans les nerfs sensitifs marche de la périphérie au centre; la peau n'est plus sensible quand les nerfs le sont encore dans leur trajet; les racines postérieures sont encore excitables quand le tronc nerveux ne l'est plus, et quand les racines ont perdu leur excitabilité, les cellules nerveuses sont encore sensibles et la strychnine peut encore déterminer des convulsions. Quand l'action du chloroforme est portée trop loin, la respiration et les battements du cœur deviennent irréguliers et s'affaiblissent, et la mort arrive par l'arrêt de l'une des deux fonctions. Dans le cas contraire, le réveil est ordinairement rapide.

L'élimination du chloroforme se fait principalement par les poumons. On n'a pas démontré d'une façon certaine sa présence dans les excrétions et les sécrétions.

Les lésions trouvées à l'autopsie consistent en lésions asphyxiques; le contenu de la cavité crânienne exhale l'odeur du chloroforme; la rigidité cadavérique se développe très-vite; le cœur est mou et relâché; on trouve quelquefois des bulles gazeuses dans le sang.

La rapidité de l'intoxication chloroformique dépend du mode d'absorption; l'absorption est plus rapide par les inhalations; aussi est-ce la voie la plus usitée, soit qu'on place devant les narines une éponge imbibée de chloroforme (grands animaux), soit qu'on place les animaux sous une cloche dans laquelle on dégage des vapeurs de chloroforme (lapin, chat, rat, etc). Dans certains cas, comme pour les grenouilles, les salamandres, les poissons, on peut employer l'immersion dans l'eau chloroformée. Certaines espèces, chats, lapins, oiseaux, etc., sont excessivement sensibles à l'action du chloroforme. Pour éviter autant que possible le stade d'excitation et l'agitation de l'animal

dues en grande partie à l'action irritante des vapeurs du chloroforme sur les muqueuses nasale et laryngée, on peut faire pénétrer directement ces vapeurs dans la trachée.

L'action de l'*éther*, $C^4H^{10}O$, est à peu près identique à celle du chloroforme. Elle est seulement un peu plus lente et l'irritation locale est moins forte. Il en est de même de l'action du *sulfure de carbone*, CS^2.

2° *Hydrate de chloral*, C^2HCl^3O,H^2O.

Sur la grenouille, l'hydrate de chloral à la dose de $0^{gr},025$ à $0^{gr},05$, en injection sous-cutanée, produit un ralentissement de la respiration et un affaiblissement, puis la cessation des réflexes; cet état dure plusieurs heures. A la dose de $0^{gr},1$ on a l'arrêt du cœur. *Chez les lapins*, une injection sous-cutanée de 1 gramme détermine en quelques minutes un ralentissement de la respiration, un rétrécissement de la pupille, et un sommeil profond pendant lequel les réflexes disparaissent; pour une dose de 2 grammes, le sommeil est très-rapide et la mort peut arriver avec un refroidissement graduel de l'animal. *Chez les chiens*, il faut environ 6 grammes pour produire le sommeil. Quand le chloral est administré en injections intra-veineuses par le procédé d'Oré (solution au quart), l'anesthésie s'obtient avec des doses plus faibles et elle peut être prolongée de façon à permettre les vivisections les plus longues et les plus laborieuses.

L'action du chloral se distingue de celle du chloroforme par l'absence du stade d'excitation. Pour Cl. Bernard, il n'y aurait pas une véritable anesthésie, le chloral serait un hypnotique, et il le rapproche de la morphine.

Liebreich avait admis une décomposition du chloral en chloroforme et acide formique, et dans ce cas les effets du chloral seraient dus au chloroforme dégagé; mais il ne paraît pas en être ainsi. On n'a retrouvé de chloroforme ni dans le sang, ni dans l'air expiré, et on a constaté dans l'urine la présence du chloral.

3° *Alcool*, C^2H^6O.

L'action de l'alcool est comparable à celle du chloroforme et de l'éther; comme eux il agit directement sur les centres nerveux, d'abord comme excitant, ensuite comme paralysant. Le stade d'excitation, qui existe chez les animaux à sang froid comme chez les animaux à sang chaud, se traduit par une accélération du cœur et de la respiration, de la chaleur de la peau, de l'injection de la conjonctive, etc. Le

stade de paralysie s'accompagne de ralentissement du pouls et de la respiration, avec abaissement de température, diminution des réflexes et état soporeux qui se termine par la mort (par arrêt du cœur et de la respiration) si l'intoxication est trop forte. L'action anesthésique de l'alcool est beaucoup plus lente que celle du chloroforme et de l'éther, mais sa durée d'action est plus longue à cause de la lenteur de son élimination. Liebig croyait à une décomposition de l'alcool dans l'organisme, avec production d'aldéhyde, d'acide acétique, d'acide oxalique, d'acide carbonique et d'eau, mais les recherches de Lallement et Perrin ont montré qu'une petite partie seulement se transforme dans l'intestin en acide acétique et que presque tout l'alcool introduit est éliminé en nature par les différentes excrétions dans lesquelles on le retrouve (urine, lait, bile, perspiration cutanée), et principalement par la respiration. L'alcool est donc transporté en nature par le sang jusqu'aux centres nerveux et agit directement sur les cellules de ces centres.

4° *Des substances anesthésiques.*

Le nombre des substances douées de propriétés anesthésiques est considérable, et quoique celles qui viennent d'être étudiées soient les plus usitées, il peut être utile pour le physiologiste de connaître les autres anesthésiques qui pourraient être utilisés dans des circonstances données. Tous ces anesthésiques appartiennent aux composés organiques du groupe des corps gras. Seulement la plupart de ces composés n'ont pas encore été l'objet d'une étude approfondie [1].

Parmi les carbures d'hydrogène, l'hydrure d'amyle, C^5H^{12}, a des propriétés anesthésiques ; parmi les alcools monoatomiques, il en serait de même, outre l'alcool ordinaire ou alcool éthylique, de l'alcool méthylique ou esprit de bois, CH^4O, et de l'alcool amylique, $C^5H^{12}O$. L'aldéhyde, C^2H^4O, l'acétone (?), C^3H^6O, l'éthylène, C^2H^4 (action faible analogue à celle du protoxyde d'azote), et surtout l'amylène, C^5H^{10}, sont aussi des anesthésiques.

Mais les propriétés anesthésiques sont bien plus prononcées dans les produits de substitution chlorés des substances suivantes dont je donne ici l'énumération :

Dérivés chlorés du gaz des marais, CH^4 : chlorure de méthyle, CH^3Cl ; chlorure de méthyle monochloré, CH^2Cl^2 ; chloroforme, $CHCl^3$; perchlorure de carbone, CCl^4.

Dérivés chlorés de l'hydrure d'éthyle, C^2H^6 : chlorure d'éthyle ou éther chlorhydrique, C^2H^5Cl ; chlorure d'éthylène ou liqueur des Hollandais

---

[1] La plupart des renseignements donnés dans cet alinéa ont été empruntés à la *Toxicologie* d'Hermann.

dais, $C^2H^4Cl^2$; chlorure d'éthylène monochloré (isomère du précédent), $C^2H^4Cl^2$; chlorure d'éthyle tétrachloré (éther anesthésique), C^2HCl^5.

Dérivé chloré du propylène, C^3H^6 : trichlorhydrine, $C^3H^5Cl^3$ (agirait comme le chloral).

Dérivé chloré de l'hydrure d'amyle, C^5H^{12} : chloramyle ou éther amylchlorhydrique, $C^5H^{11}Cl$.

Dérivés chlorés de l'aldéhyde, $C^2H^4O^2$: chloral, C^2HCl^3O; croton-chloral, $C^4H^3Cl^3O$.

Les produits de substitution iodés et bromés paraissent aussi pouvoir agir comme anesthésiques; tels sont : le bromoforme, $CHBr^3$; l'iodure d'amyle, $C^5H^{11}I$; l'hydrate de bromal, C^2HBr^3O,H^2O (anesthésie générale sans sommeil); l'hydrate d'iodal, C^2HI^3O,H^2O.

Enfin certains éthers acides volatils, comme l'éther acétique, $C^4H^8O^2$, agissent comme anesthésiques.

Le *protoxyde d'azote*, Az^2O, occupe un rang à part, parmi les anesthésiques, tant par sa composition chimique que par son action. Son action est beaucoup plus fugace que celle des substances précédentes, à cause de sa grande volatilité et de la rapidité de son élimination. D'après Hermann, et contrairement à l'opinion de quelques physiologistes, il ne peut suppléer l'oxygène, et, employé pur, il produit l'asphyxie; les grenouilles meurent dans le protoxyde d'azote pur comme dans l'hydrogène. Chez l'homme, il produit une ivresse agréable (gaz hilarant), dont les effets sont bien connus et qu'il est inutile de décrire ici.

2. — NARCOTIQUES.

L'opium et la plupart de ses alcaloïdes ont une double action : une action excitante, convulsive, qui les rapproche de la strychnine, et une action somnifère, soporifique, qui les rapproche des anesthésiques. Si on classe ces alcaloïdes d'après leur action soporifique, on aura, d'après Cl. Bernard, en allant du plus au moins, la série suivante : narcéine, morphine, codéine; si on les range d'après leur action convulsivante, on a : thébaïne, papavérine, narcotine, codéine, morphine; si on les classe d'après leur toxicité, on aura : thébaïne ($0^{gr},1$ tue un chien), codéine, papavérine, narcéine, morphine (il faut plus de 2 grammes pour tuer un chien), narcotine.

Morphine, $C^{17}H^{19}AzO^3$. — *Chez la grenouille*, son action ressemble à celle de la strychnine; il y a d'abord un stade d'agitation; bientôt le moindre contact détermine une crampe tétanique (ce stade manque souvent); enfin les appareils réflexes, puis le cœur et la respiration sont paralysés. — *Chez le chien*, une injection intra-veineuse de $0^{gr},02$ à

0gr,05 de morphine produit le somı
tion; les réflexes sont abolis, à l'
touchement de la conjonctive; le p
l'action sur le cœur paraît, du rest
(pour de fortes doses) sont rétrécies
de pression sanguine; la pupille est
fois cependant on observe un élarg
bilité et les mouvements de l'intesti
atteint plus de 2 à 3 grammes ch
convulsions. — *Chez les lapins*, le
convulsions se présentent plus fac
relativement plus forte que chez le
lement les *pigeons* possèdent une i
phine; il en faut pour tuer un pigeo
cutanée.

La morphine paraît porter son
reils sensitifs.

L'association de la morphine et
le chien surtout, pour produire l'an
tation. Il suffit de donner de la n
inhalations de chloroforme.

La *narcéine*, $C^{23}H^{29}AzO^{9}$, produi
meil est très-profond, sans convuls
sement notable du pouls. La *codéin*
à celle de la morphine; le sommeil
narcéine.

La *thébaïne*, $C^{19}H^{21}AzO^{3}$, déter
celles de la strychnine. Il en serait
tensité, de la *narcotine*, $C^{23}H^{21}Az$
cependant Baxt considère la papa
nifère.

Un dérivé de la morphine, *l'ap*
des propriétés essentielles de la
vomitif.

3. — (

Le curare est une substance rési
certaines parties de l'Amérique du
pour empoisonner leurs flèches, et

(1) Quelques auteurs admettent au

[redacted]

la famille des *strychnos* et des *paullinia*. Le principal caractère de l'empoisonnement par le curare est une résolution musculaire sans convulsions; tout mouvement volontaire est aboli; les mouvements respiratoires finissent aussi par s'arrêter tandis que le cœur continue à battre; mais chez les animaux à sang chaud, l'arrêt de la respiration produit très-vite l'arrêt du cœur, tandis que chez les grenouilles, par exemple, le cœur continue à battre.

Le mécanisme de l'action du curare a surtout été étudié par Cl. Bernard. Il a prouvé que cette substance agit sur les extrémités périphériques des nerfs moteurs (plaques motrices terminales) par la série d'expériences suivante : Si on lie l'artère d'un membre sur une grenouille avant l'intoxication ou si on fait la ligature en masse du membre, à l'exception du nerf, ce membre conserve les mouvements volontaires, preuve que les appareils nerveux centraux ne sont pas paralysés par le poison; si on pince ou si on excite la peau de la grenouille dans une région intoxiquée, le membre lié fait des mouvements de fuite, preuve que l'intoxication n'atteint ni les nerfs ni les centres sensitifs. D'un autre côté, les muscles ne sont pas atteints non plus, car ils conservent leur irritabilité. Restent les nerfs moteurs; or, deux expériences prouvent que ces nerfs ne sont paralysés que dans leurs extrémités périphériques : 1° Si on lie l'artère d'un membre au niveau du genou, toute la partie crurale du nerf ischiatique sera soumise à l'action du curare; si alors on excite le nerf ischiatique dans le bassin, les muscles de la cuisse ne se contractent pas parce qu'ils sont dans la sphère du poison, tandis que les muscles de la jambe et de la patte se contractent, preuve que la partie intoxiquée du tronc de l'ischiatique a pu transmettre l'excitation du bassin jusqu'à la jambe; 2° si on prend deux muscles de grenouille avec leurs nerfs, et qu'après avoir rempli deux verres de montre de solution de curare, on place dans un verre le nerf seul, dans l'autre le muscle seul, dans le premier cas, l'excitation du nerf, quoique plongé dans le curare, détermine la contraction du muscle, dans le second, l'excitation du nerf ne détermine aucune contraction, mais le muscle se contracte s'il est excité directement.

Les extrémités périphériques des nerfs vaso-moteurs sont aussi atteintes, mais beaucoup plus faiblement par le curare, aussi avait-on cru d'abord à une immunité qui n'est que relative. Les sécrétions, salive, larmes, urine, sont augmentées; il y a un diabète temporaire; la température s'abaisse.

L'absorption du curare peut se faire par la voie stomacale, mais cette absorption est beaucoup plus lente que par les injections sous-cutanées, ce qui l'avait fait nier complétement d'abord; seulement l'élimination (par les reins) se fait avec trop de rapidité pour que les accidents se développent; mais si on extirpe les reins, l'intoxication se produit. L'urine d'animaux curarisés peut empoisonner un autre ani-

observe au contraire une paralysie complète des centres moteurs cardiaques et une diminution de pression artérielle. L'intestin, l'utérus, la vessie sont paralysés ; les sécrétions, et en particulier la sécrétion salivaire, sont interrompues ; la pupille est dilatée (mydriase), et cette action de l'atropine s'exerce certainement sur des centres situés dans l'iris ou dans le globe oculaire, car l'effet se produit sur un seul œil dans l'instillation monoculaire, et il se produit même sur l'œil de la grenouille extirpé de la cavité oculaire. Cette dilatation de la pupille tient à une paralysie du sphincter et peut-être en même temps à une excitation des fibres dilatatrices. Les lapins, les pigeons présentent une immunité remarquable pour l'atropine.

En résumé, l'atropine agit à la fois sur les centres cérébraux et sur les appareils périphériques (action en partie excitante, en partie paralysante).

La *daturine* et l'*hyosciamine* ont le même effet que l'atropine.

3° *Fève de Calabar. Physostigmine.* — La fève de Calabar a, sur presque tous les points, une action antagoniste de celle de l'atropine. La sensibilité et la conscience sont conservées jusqu'à la mort ; les muscles volontaires sont paralysés ; les muscles lisses sont le siége de contractions tétaniques (intestin, utérus) ; la respiration est d'abord accélérée, puis ralentie ; les vaisseaux sont le siége de contractions spasmodiques suivies d'un relâchement ; quant à l'action sur le cœur et la circulation, les opinions sont trop divergentes pour qu'on puisse en tirer une conclusion positive. Les sécrétions, et surtout les sécrétions lacrymale et salivaire, sont augmentées ; enfin, action caractéristique, la pupille est rétrécie et il y a crampe de l'accommodation, phénomènes interprétés d'une façon différente par les expérimentateurs.

En résumé, la fève de Calabar agit surtout sur les centres nerveux, mais, chez la grenouille du moins, il y a aussi paralysie des extrémités nerveuses motrices, ce qui a fait rapprocher son action de celle du curare.

4° *Muscarine* (*Agaricus muscarius*). — Comme la fève de Calabar, elle est antagoniste de l'atropine. A la dose de 0gr,0001 à 0gr,0002, chez la grenouille, elle produit l'arrêt diastolique du cœur, mais cet arrêt est dû à une excitation des centres d'arrêt intra-cardiaques, car l'excitation directe des ventricules ramène les pulsations. Cet arrêt du cœur cesse aussi par l'action de l'atropine et de quelques autres substances. Chez les animaux à sang chaud, le cœur est ralenti, les artères sont dilatées, la pression sanguine baisse ; la respiration, d'abord dyspnéique, peut s'arrêter par paralysie centrale ; tous les organes à muscles lisses, y compris la rate, sont à l'état de contraction tétanique ; la pupille est rétrécie, les larmes et la salive s'écoulent en abondance ; en un mot, l'action générale se rapproche de celle de la fève de Calabar.

Le *jaborandi* a une action qui se rapproche de celle de la fève de Calabar et de la muscarine, avec une action spéciale sur la sueur et sur la salivation.

5° *Vératrine*, $C^{32}H^{52}Az^{2}O^{8}$. — L'action de la vératrine est très-complexe ; elle agit sur tous les appareils nerveux et musculaires de la circulation, d'abord comme excitante, puis comme paralysante ; à très-petites doses, les pulsations du cœur sont accélérées, mais par de fortes doses, le cœur se paralyse ainsi que les artères. Elle agit en outre comme excitante d'abord, comme paralysante ensuite, sur beaucoup d'organes centraux, les muscles, etc., et détermine des crampes tétaniques, mais qui ne sont pas de nature réflexe comme celles du tétanos ; il y a au contraire, au bout d'un certain temps, une dépression des réflexes.

L'*antiarine* (*upas antiar*) a une action comparable sur beaucoup de points à celle de la vératrine.

6° *Aconitine*, $C^{27}H^{39}AzO^{10}$. — Son action est très-variable suivant le mode de préparation ; mais le symptôme dominant est toujours une paralysie du cœur.

7° *Digitaline*, $C^{27}H^{44}O^{15}$. — Malgré l'emploi fréquent de la digitaline en médecine, son influence sur le cœur, qui constitue le phénomène essentiel de son action, est loin d'être éclaircie. A haute dose, elle produit un ralentissement du cœur, et si la dose est trop forte, un arrêt en diastole et le cœur ne réagit plus contre les excitations. A doses moyennes, elle produit d'abord une accélération passagère, puis un ralentissement persistant. Le mécanisme de cette action sur le cœur est encore incertain. Agit-elle sur le tissu musculaire du cœur, sur les ganglions intra-cardiaques, sur le pneumogastrique, sur le grand sympathique ? En même temps, les petites artères sont contractées et il y a augmentation de la tension artérielle. Les muscles lisses, estomac, intestin, etc., paraissent contracturés. Les muscles striés, au contraire, sont affaiblis et paralysés, et pour de fortes doses, ils ont perdu leur contractilité.

On peut placer à côté de la digitaline le principe de l'ellébore et l'émétine.

8° *Quinine*, $C^{20}H^{24}Az^{2}O^{2}$. — *Chez la grenouille*, à la dose de $0^{gr},015$ elle ralentit les respirations et les mouvements du cœur ; les mouvements volontaires et réflexes diminuent d'intensité ; à la dose de $0^{gr},05$ à $0^{gr},1$ gramme, le cœur s'arrête, mais les muscles et les nerfs sont encore excitables. — *Chez les animaux à sang chaud*, à petites doses, elle accélère le cœur ; à doses modérées, elle le ralentit ; à fortes doses, elle l'arrête et produit des convulsions. Son action se porte essentiellement sur les organes nerveux centraux, cerveau, moelle, ganglions du cœur. La quinine tue les organismes inférieurs, infusoires, vibrions, bactéries, amibes d'eau salée, mais elle n'a aucune action sur les champignons ; elle abolit les mouvements du protoplasma et des globules blancs ; elle n'empêche pas les processus digestifs.

La *cinchonine*, $C^{20}H^{24}Az^{2}O$, a la même action que la quinine, seulement à un degré plus faible.

l° *Santonine*, $C^{15}H^{18}O^{3}$ (1). — A la dose de $0^{gr},3$ à 1 gramme chez ›mme, elle détermine de la nausée, des vomissements, des hallucinaıs, du vertige et un mode particulier de vision ; on voit tout en ne ; quelquefois auparavant tout le champ visuel se colore en violet, tout dans les ombres ; puis le jaune remplit le champ visuel, surtout ıs les objets clairs. Quoique la santonine jaunisse à la lumière, te vision jaune ne dépend pas d'une coloration jaune des milieux de il, comme on l'avait supposé, car on ne constate pas cette coloration 'ophthalmoscope. Il est probable qu'il s'agit plutôt d'une paralysie ; fibres du violet, précédée quelquefois d'une excitation passagère. ›endant on voit quelquefois tout en jaune dans l'ictère, ce qui prouve ; cette vision jaune peut, dans certains cas, tenir à une diffusion ne matière colorante dans les milieux de l'œil. A fortes doses, la ıtonine produit de la perte de connaissance, des convulsions tétaniɜs et la mort. Chez les animaux, on n'observe guère que ces crampes ıniques.

10° *Ergotine et seigle ergoté.* — Son action est encore très-peu ınue, et il a été jusqu'ici à peu près impossible d'accorder les faits ›érimentaux avec les résultats thérapeutiques. Ainsi la contraction ; petites artères, admise théoriquement, n'a pu être constatée d'une on certaine ; il en est de même de son action sur l'utérus; sur le ur, on est un peu mieux fixé, elle produit un ralentissement du pouls, :hez les animaux on peut constater l'arrêt du cœur.

5. — DE QUELQUES GAZ TOXIQUES.

1° *Acide carbonique*, CO^2.

.'acide carbonique n'est toxique qu'à très-hautes doses ; l'atmoıère peut en contenir 1 p. 100 sans qu'on en soit affecté, et on peut reser, pendant quelque temps, des mélanges bien plus riches en acide bonique. Mais quand la proportion est plus forte, il survient d'abord ; phénomènes d'ivresse (vertige, céphalalgie, somnolence, délire, etc.), ıs une véritable asphyxie (dyspnée, crampes, paralysie, mort), même ınd la proportion d'oxygène dans l'atmosphère artificielle est suffiıte. Pendant ce stade dyspnéique, le pouls est ralenti (par excitan du pneumogastrique), les petites artères contractées, la pression ıguine accrue.

.ocalement, l'acide carbonique détermine de la chaleur à la peau et

(1) Les substances suivantes n'appartiennent pas au groupe des alcales ; j'ai cru cependant devoir les ranger à la suite de ces derniers.

de l'anesthésie. Le mécanisme d'action de l'acide carbonique a été différemment interprété. Cependant son action délétère ne paraît pas tenir, comme on l'a cru, à une asphyxie par défaut d'oxygène. Elle tient plutôt à une action spéciale du gaz sur les centres respiratoires (dyspnée), les centres vaso-moteurs (crampes vasculaires) et sur les centres d'arrêt du cœur (ralentissement du pouls). Il semble donc qu'il n'y ait, dans cette intoxication, que l'exagération de l'excitation que l'acide carbonique à l'état normal exerce sur ces trois centres, et par suite une action directe, encore inconnue, sur la substance nerveuse de ces centres. Il est probable que la mort arrive par la paralysie de fatigue consécutive à l'excitation exagérée de ces centres et l'asphyxie qui en est la conséquence. Beaucoup d'auteurs considèrent l'acide carbonique non comme un gaz toxique, mais comme un gaz simplement irrespirable.

2° *Oxyde de carbone*, CO.

L'oxyde de carbone rend les grenouilles immobiles et sans réaction; il y a quelquefois de la dyspnée, jamais de crampes; le cœur et les muscles sont paralysés. Les animaux à sang chaud meurent dans une atmosphère qui contient 1 p. 100 d'oxyde de carbone ; on remarque une dyspnée intense, des crampes, de l'exophthalmie, un élargissement de la pupille et de l'asphyxie ; il y a du sucre dans l'urine. Mais les altérations les plus importantes concernent le sang. Il est d'une couleur rutilante avec une légère teinte bleuâtre ; au spectroscope, il présente des raies d'absorption dans le jaune, semblables aux raies de l'oxyhémoglobine, mais un peu plus rapprochées, raies qui persistent malgré l'addition d'un corps réducteur, comme le sulfure d'ammonium. En effet, l'oxyde de carbone forme avec l'hémoglobine une combinaison cristalline rouge vif plus tenace que l'oxyhémoglobine. Aussi l'oxyde de carbone décompose l'oxyhémoglobine et en chasse l'oxygène qu'il remplace volume à volume, tandis que l'oxyde de carbone ne peut être déplacé de sa combinaison par l'air ou l'oxygène qu'avec la plus grande lenteur. L'oxyde de carbone produit donc la mort par asphyxie, en empêchant le globule sanguin de fixer l'oxygène dans la respiration. Il est douteux qu'il y ait, outre cela, une action toxique directe du gaz sur les tissus.

3° *Acide cyanhydrique*, CAzH.

L'acide cyanhydrique est la plus toxique des substances connues. Chez la grenouille, il produit la perte des réflexes et la mort sans convulsions; le cœur se ralentit et s'arrête ainsi que la respiration ; le cœur



st rempli d'un sang clair. Chez les animaux à sang chaud, il y a des rampes tétaniques, spécialement des extenseurs, de la dyspnée, du llentissement du pouls, de la dilatation pupillaire, de l'exophthalmie, ne paralysie générale avec perte des réflexes, de l'abaissement de empérature avec de la faiblesse du pouls et de la respiration, qui finisent par s'arrêter. Le sang est habituellement foncé; si la mort est trèsapide, il est rouge cramoisi. Les convulsions tétaniques sont peuttre dues à la paralysie du cœur. Le mécanisme d'action de l'acide yanhydrique est encore inconnu. On ne sait non plus par où se fait on élimination de l'organisme.

Bibliographie. — Cl. Bernard : *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses*, 1857, et : *Leçons sur les anesthésiques et sur l'asphyxie*, 1875. — Hermann : *Lehrbuch der experimentellen Physiologie*, 1874. — Voir aussi les traités de toxicologie.

QUATRIÈME PARTIE

PHYSIOLOGIE DE L'ESPÈCE

PREMIÈRE SECTION

DE L'ESPÈCE EN GÉNÉRAL

1° *Caractères de l'espèce.*

Il y a deux opinions en présence sur le sens qu'il faut donne au mot espèce. Les uns, comme Lamarck, Darwin, etc., consi dèrent l'espèce comme l'ensemble des individus tout à fait sem blables entre eux par leur organisation ou ne différant les un des autres que par des nuances très-légères. Dans cette défini tion de l'espèce, on fait intervenir non pas un seul caractèr mais tous les caractères anatomiques et physiologiques suivan leur importance fonctionnelle, et il en résulte que, d'après cett opinion, qui me paraît la vraie, l'espèce, de même que la rac et la variété, n'est qu'une *catégorie* purement rationnelle et qu n'a par conséquent rien d'absolu.

Les autres, comme Linné, Buffon, Cuvier, Agassiz et la plupa des naturalistes français, considèrent l'espèce comme quelqu chose d'absolu, de primordial et d'immuable. La définitio *orthodoxe,* qui n'est plus admise que par les théologiens, est l suivante : l'espèce est l'ensemble des individus qui descende en droite ligne et sans mélange d'un couple unique et primor dial. Seulement les naturalistes, voyant l'impossibilité de soutení un seul moment cette définition, ont introduit dans la notion d l'espèce un facteur nouveau, la reproduction. L'espèce est devenu l'ensemble des individus semblables, susceptibles de se fécond

par union réciproque ; puis : l'ensemble des individus semblables susceptibles de se féconder par union réciproque *en donnant des produits féconds* ; puis enfin : l'ensemble des individus semblables susceptibles de se féconder en donnant des produits *indéfiniment* féconds. En résumé, l'invariabilité et la persistance des formes à travers un nombre indéterminé de générations, telle serait la caractéristique de l'espèce [1].

Ce n'est pas ici le lieu de discuter la valeur de ces définitions de l'espèce. Je me contenterai de faire remarquer que, malgré ce critérium si absolu en apparence, les zoologistes et les botanistes sont loin de s'accorder sur le nombre et la limitation des espèces tant animales que végétales, et que des formes intermédiaires viennent à chaque instant faire hésiter le naturaliste et combler la séparation artificielle qu'il introduit entre les différentes espèces [2].

2° *De l'origine des espèces.*

Aux deux conceptions de l'espèce qui viennent d'être exposées correspondent deux théories différentes sur l'origine des espèces.

Pour les naturalistes orthodoxes, l'espèce est quelque chose de fixe et d'immuable ; les espèces sont permanentes dans l'espace et dans le temps ; elles ne peuvent varier que dans leurs caractères secondaires et accessoires ; elles ont toujours été ce qu'elles sont, elles seront toujours ce qu'elles sont actuellement. Il y a donc eu autant de créations, successives ou simultanées, qu'il y a d'espèces, vivantes ou éteintes, à la surface du globe. Si tous les êtres vivants se ressemblent plus ou moins, si les espèces paraissent liées entre elles par certains caractères communs, c'est d'après une loi d'harmonie universelle, la cause première ayant, dans la série des créations successives, répété le même type

(1) Voici la définition de Linné : *Species tot sunt quot diversas formas ab initio produxit Infinitum Ens ; quæ formæ, secundum generationis inditas leges, produxere plures, at sibi semper similes. Ergo species tot sunt quot diversæ formæ seu structuræ hodiedum occurrunt.*

(2) Dans le *Draba verna* de Linné, Jordan, appliquant logiquement la définition de l'espèce, ne trouve pas moins de deux cents formes distinctes qu'il déclare être de véritables espèces, toutes autonomes et irréductibles entre elles. (Voir Naudin : *les Espèces affines et la théorie de l'évolution.* Revue scientifique, 1875, n° 36.)

sous des formes variables; la ressemblance des êtres vivants tient à l'unité de l'idée créatrice, *il y a seulement identité de type, il n'y a pas identité d'origine.*

Il est cependant peu de naturalistes qui admettent cette théorie dans toute sa rigueur. La plupart, peu conséquents avec leur principe, font dériver les différentes espèces de quatre ou cinq types primordiaux. Mais ils ne réfléchissent pas que, par cette concession, ils ruinent eux-mêmes leur définition de l'espèce, puisqu'ils admettent qu'un seul type a pu donner naissance à un certain nombre d'espèces différentes, ce qui implique la variabilité de l'espèce. Aussi ceux qui sont entrés dans cette voie, s'ils sont logiques, sont-ils obligés d'y marcher jusqu'au bout, comme l'a fait Darwin lui-même, qui, après avoir admis que tout le règne animal est descendu de quatre ou cinq types primitifs tout au plus, n'admet plus maintenant qu'un seul type primordial.

Ceci nous conduit à la seconde théorie, la seule acceptable dans les données actuelles de la science. Dans cette théorie *il y a non-seulement identité de type, il y a identité d'origine*; la ressemblance des êtres vivants ne tient pas à une simple loi d'harmonie supérieure, à un plan créateur unique, elle tient à une communauté réelle d'origine; si tous les êtres se ressemblent, dans de certaines limites, c'est qu'ils sont tous issus de la même souche primitive. C'est la théorie connue sous le nom d'*évolution* ou de *transformisme*, théorie formulée, pour la première fois, par Lamarck, et qui, depuis les travaux de Darwin, a pris rang dans la science. Il n'y a pas d'alternative possible entre les deux opinions: ou bien toutes les espèces ont dû leur apparition à une création, et la science n'a rien à y voir, ou toutes les espèces ont été formées en vertu de lois naturelles, et dans ce cas l'hypothèse de l'évolution est celle qui explique le mieux les faits; elle est par conséquent, jusqu'à nouvel ordre, la seule que la science puisse et doive accepter: ses lacunes n'accusent que l'imperfection de la science; la première hypothèse en est la négation.

Par quels procédés les espèces ont-elles pu ainsi se former et apparaître dans le courant des siècles? C'est le mérite de Darwin d'avoir déterminé, mieux qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, les conditions qui interviennent dans cette formation. Ces conditions sont au nombre de quatre : la variabilité, la concurrence vitale ou la lutte pour l'existence, la sélection naturelle et l'hérédité.

Variabilité. — Tous les êtres vivants ont une aptitude plus ou
s grande à varier, c'est-à-dire à s'écarter, par quelques caractères,
pe de leurs parents immédiats. Ces variations sont ou acquises et
à des circonstances diverses (influence des milieux, habitudes, etc.),
nées ou plutôt héritées, c'est-à-dire qu'elles ne sont que le retour
caractère qui avait autrefois existé chez un des ascendants et qui
disparu pendant une ou plusieurs générations. Quand les varia-
acquises sont légères, il y a formation d'une *variété;* quand elles
notables, qu'elles portent sur plusieurs caractères ou sur des ca-
res importants, comme ceux de la reproduction, et quand ces carac-
sont devenus permanents dans une série de générations, il y a
ition d'une *espèce;* l'espèce est donc une variété fixée, la variété
espèce commençante; pour que l'espèce se produise, il faut donc,
ne on le verra plus loin, que l'hérédité et les autres conditions
viennent.

Lutte pour l'existence. — Tous les êtres organisés tendent à se
plier suivant une progression rapide. L'espèce humaine, dont la
duction est très-lente, peut doubler en nombre dans l'espace de
-cinq ans, et si l'on prend la plupart des espèces végétales et ani-
s, la progression est infiniment plus rapide. Il faut donc, et c'est
ui arrive en effet, que des causes actives de destruction viennent
ver cette multiplication indéfinie. Ces causes sont multiples et ont
rès-bien étudiées par Darwin; la plus importante, sans contredit,
e manque de subsistances. La loi de Malthus est applicable non-
ment à l'homme, mais à tous les organismes vivants, et le résultat
e même. Dans cette lutte pour l'existence, les individus les plus
les plus vigoureux, les plus rusés, ceux qui ont quelque carac-
utile, pourront survivre, tandis que les faibles périront, et ce qu'il
remarquer, c'est que les variétés intermédiaires dont les carac-
sont moins tranchés, moins accusés, tendront à disparaître
remiers, de façon qu'au bout d'un certain temps on ne trouvera
par exemple, que les deux variétés extrêmes qui apparaîtront
comme deux espèces différentes.

Sélection naturelle. — Parmi les caractères acquis par la variation
un individu, il en est d'indifférents, mais ceux-là ne jouent aucun
dans la formation ou le maintien de l'espèce; aussi ne doit-on
égard qu'aux caractères utiles ou aux caractères nuisibles à l'in-
u. Quand ces caractères sont utiles, l'individu a plus de chances
stence; il a plus de chances de mort quand ils sont nuisibles. Aussi
omprend comment, étant donnés tel milieu, tel habitat, tel climat,
condition d'existence, une espèce s'accroîtra tandis qu'une autre
par disparaître. Il se produit donc *naturellement,* parmi les êtres
its, une véritable sélection, analogue à la sélection artificielle à l'aide
aquelle les éleveurs produisent telle ou telle race. A la sélection

naturelle se rattache la ***sélection sexuelle***, à laquelle Darwin fait jouer un très-grand rôle dans ses derniers ouvrages.

4° *Hérédité.* — Enfin l'hérédité est la dernière condition, et la condition indispensable, pour la formation des espèces. Pour que la variété devienne espèce, il faut que la variation acquise par l'individu se perpétue et se fixe dans ses descendants, et cette fixation ne se produit que quand les caractères acquis sont utiles à l'individu ou à l'espèce, puisqu'on a vu plus haut que, dans le cas contraire, l'espèce tend à disparaître.

Il y a probablement d'autres causes que celles indiquées par Darwin, mais dans l'état actuel de la question, elles sont les seules qui puissent être invoquées si on veut s'en tenir à l'examen des faits.

On a fait plusieurs objections à la théorie de Darwin. La principale est la suivante : Si toutes les espèces dérivent du même type primordial, on devrait retrouver les formes intermédiaires entre les espèces existantes. Mais, en premier lieu, on retrouve en effet, et chaque jour accroît leur nombre, ces formes de transition, et la meilleure preuve en est dans les divergences qui existent entre les naturalistes et dans les difficultés qu'ils éprouvent dans le classement et la délimitation des espèces. C'est ainsi qu'à la limite des deux règnes, végétal et animal, se trouvent des êtres qu'il est à peu près impossible de rattacher à l'un des deux règnes et qui constituent la transition de l'un à l'autre. C'est ainsi, pour ne citer qu'un exemple, que la lacune entre les vertébrés et les invertébrés semble devoir disparaître. On a trouvé récemment une corde dorsale dans les larves de certains mollusques tuniciers, les ascidies, et dans certaines espèces (*cynthia*) la queue de la larve d'ascidie atteint un degré d'organisation tel qu'elle se rapproche de celle des jeunes poissons ou des têtards de batraciens. Ensuite, comme le fait remarquer Darwin, il ne faut pas considérer deux espèces existantes comme provenant l'une de l'autre, et vouloir à tout prix trouver la forme intermédiaire entre ces deux espèces, mais il faut les considérer comme provenant toutes deux d'un ancêtre commun inconnu. Ainsi le pigeon-paon et le pigeon grosse-gorge ne descendent pas l'un de l'autre, mais ils descendent tous deux du pigeon de rocher et chacun par des formes intermédiaires qui lui appartiennent en propre. En outre, on a vu plus haut que les formes intermédiaires disparaissent plus facilement, pour ne laisser subsister que les formes extrêmes. Enfin, les documents géologiques et paléontologiques sont encore trop incomplets pour qu'on puisse objecter à la théorie de Darwin la non-existence de formes intermédiaires dans les terrains fossilifères, d'autant plus que beaucoup de ces formes ont été retrouvées.

Quant à l'objection que jusqu'ici aucune espèce nouvelle n'a été formée sous nos yeux, elle tombe devant ce fait que l'espèce ne se forme que peu à peu et lentement, de sorte que les modifications successives



produisent pour faire de la variété une espèce, ne peuvent être à un moment donné, pas plus que nous ne voyons le mouve- le l'aiguille qui parcourt cependant le cadran d'une montre en ieures. D'ailleurs, si on leur montrait la production d'une espèce e pouvant se reproduire par le croisement de deux espèces ites, les adversaires de la théorie s'empresseraient de dire que à tort qu'on considérait ces deux espèces comme différentes elles ont pu donner lieu à un produit fécond, et ils en feraient atement des variétés.

nent maintenant ont pu se produire ces types primordiaux, et ancêtres de tous les êtres organisés? Ici encore les deux opi- sont en présence. Les uns admettront une création, les autres, olution me paraît préférable, croient qu'il n'y a là qu'une trans- on de la matière brute en matière vivante, faite sous certaines ons qui nous échappent et d'après des lois naturelles. Je crois du reste, de rappeler les hypothèses émises sur ce sujet, puis- st impossible de les vérifier expérimentalement jusqu'à nouvel

DEUXIÈME SECTION.

DE L'ESPÈCE HUMAINE.

1° *Des races humaines.*

caractères distinctifs de l'homme et de l'animal ont été s page 33. Je me contenterai ici de donner les caractères iels des différentes races humaines. On a admis pour les ications des races humaines trois bases différentes, varia- uivant les auteurs : l'organisation, la langue, l'habitat; de s espèces de classifications des races humaines : les classifi- s anatomiques, les classifications linguistiques, les classi- ns géographiques. Dans un traité de ce genre, il ne peut que d'une classification anatomique, et la langue et l'habi- peuvent être utilisés que pour confirmer les données de omie et de la physiologie.

classification anatomique s'appuie principalement, outre la générale, sur trois sortes de caractères : la couleur de la

peau, le système pileux et l'ostéologie, spécialement sur l'ostéologie du crâne.

La plupart des naturalistes suivent la classification adoptée par Blumenbach et divisent l'espèce humaine en cinq races : race blanche ou caucasique, race jaune ou mongole, race brune ou malaise, race rouge ou américaine, race noire ou éthiopienne.

1° *Race caucasique.* — Le cerveau est volumineux; le crâne est ovale, symétrique, ordinairement mésocéphale (indice céphalique entre 77 et 80), bien développé, et a une capacité qui varie de 1,400 à 1,572 centimètres cubes; le front est haut, saillant, bombé; le maxillaire inférieur est petit, les dents verticales, le nez plus ou moins droit, allongé, les cheveux lisses, clairs ou foncés, ayant souvent une tendance à friser. Elle habite l'Europe, l'Arabie, l'Asie-Mineure, la Perse, l'Indoustan et une partie de l'Amérique.

2° *Race mongole.* — Crâne pyramidal; face large, aplatie, pommettes saillantes; nez peu proéminent; yeux écartés, étroits et obliques; cheveux droits, gros et noirs; barbe rare, peau olivâtre; taille peu élevée. La puberté se développe très-vite dans cette race. Elle habite l'Asie et la partie nord de l'Amérique.

3° *Race malaise.* — Les Malais présentent des caractères assez variables; ils ont le crâne élargi latéralement, ordinairement brachycéphale; les yeux sont noirs, largement ouverts, le nez épais, les lèvres grosses, les pommettes et la mâchoire saillantes, les cheveux noirs, lustrés, la peau brune tirant tantôt sur le jaune, tantôt sur le rouge. La puberté est précoce. Ils habitent la Polynésie, les Philippines, l'archipel de la Sonde, la presqu'île de Malacca, Madagascar, etc.

4° *Race américaine.* — Le front est assez large, mais fuyant et déprimé; les yeux grands et ouverts, le nez long et saillant, les lèvres assez minces, les cheveux noirs et lisses, la peau rouge ou cuivrée. Elle habite le nouveau continent.

5° *Race nègre.* — Le cerveau est petit, le crâne se caractérise par la dolichocéphalie et le prognathisme; la capacité crânienne est de 1,347 centimètres cubes en moyenne et peut descendre à 1,228 (Australiens); le front est bas et fuyant, les yeux noirs et foncés, le nez large et écrasé à sa racine, les lèvres épaisses, les cheveux noirs, rudes, laineux, la peau noire ou brune, les bras longs, les mollets peu saillants, le pied plat. Ils habitent l'Afrique, l'Australie, Bornéo, Timor, etc.

Le tableau suivant donne les classifications des races humaines ıprès d'Omalius d'Halloy.

Classification d'Omalius d'Halloy.

RACES.	RAMEAUX.	FAMILLES.	PEUPLES.
ınche.	Européen.	Teutonne.	Germains.
			Scandinaves.
			Anglais.
		Latine.	Français.
			Hispaniens.
			Italiens.
			Valaques.
		Grecque.	Grecs.
			Albanais.
		Slave.	Russes
			Bulgares.
			Serbes.
			Slovences (Carniole, Carinthie, Styrie).
			Wendes (Poméranie, Mecklembourg).
			Tchèkes (Bohême, Moravie).
			Polonais.
			Lithuaniens.
		Erso-Kymri.	Gaëls (Irlande, Écosse).
			Kymris (Gallois, Bretons).
		Basque.	
	Araméen.	Berbère.	
		Cophte.	
		Sémitique.	Arabes.
			Juifs.
			Syriens.
		Persique.	Persans.
			Afghans.
			Béloutchis.
			Kourdes.
			Arméniens.
			Ossètes (Caucase).
		Géorgienne.	
		Scythique.	Circassiens.
			Magyars.
			Turcs.
			Finnois.

RACES.	RAMEAUX.	FAMILLES.	PEUPLES.
Jaune. . .	Hyperboréen .	Laponne.	
		Samoïède.	
		Iénisséenne.	
		Iukaghise.	
		Koriake.	
		Kamtchadale.	
		Esquimaux.	
	Mongol . . .	Iakoute.	
		Mongole	Kalmouks.
			Mongols.
			Bouriates.
		Toungouse . . .	Toungouses.
			Mandchoux.
	Sinique . . .	Tibétaine.	
		Chinoise.	
		Coréenne.	
		Japonaise.	
Brune. . .	Éthiopien . .	Abyssiniens.	
		Peuls.	
	Hindou. . . .	Hindoue.	
		Malabare.	
	Indo-chinois. .	Birmans.	
		Péguans.	
		Siamois.	
		Annamites.	
		Cambodgiens.	
	Malais. . . .	Malais.	
		Polynésiens.	
		Micronésiens.	
Rouge. . .	Méridional. .	Quichuas (Pérou, Équateur).	
		Antisiens (Bolivie).	
		Araucaniens.	
		Pampéens (Patagonie, Rio-Colorado).	
		Chiquitéens (Bolivie).	
		Moxéens.	
		Guaraniens.	
	Septentrional.	Nahuatis (Nicaragua).	
		Otomis (Mexique).	
		Floridiens.	
		Iroquois.	
		Delawares.	
		Sioux.	
		Apaches.	
		Peuplades du Nord.	

[redacted]

RACES.	RAMEAUX.	FAMILLES.
Noire. . .	Occidental. . .	Cafres.
		Hottentots.
		Nègres.
	Oriental. . .	Papous.
		Andamènes.

2° *Origine de l'espèce humaine.*

L'homme ne peut être isolé du reste des êtres vivants auxquels le rattachent étroitement des affinités histologiques, anatomiques et embryologiques qu'il est impossible de récuser. Tous les éléments de l'organisme humain se retrouvent avec leurs caractères, leurs propriétés, leurs dimensions même, dans l'organisme animal; qu'on prenne chez l'un et chez l'autre une cellule épithéliale, une fibre musculaire, une cellule nerveuse, et, la plupart du temps, il sera à peu près impossible d'en déterminer la provenance; il y a évidemment des différences, surtout pour certains éléments et pour des êtres éloignés, mais, d'une façon générale, on peut dire que la ressemblance est la règle, et la différence l'exception. Si l'on prend, au contraire, les êtres les plus rapprochés de l'homme, ce n'est plus de la ressemblance qu'il y a entre les éléments histologiques, c'est de l'identité. La parenté anatomique de l'homme avec les anthropomorphes a déjà été étudiée page 33, et on a vu que, comme l'a démontré Huxley, il y a moins de distance entre l'homme et les singes anthropomorphes qu'entre ceux-ci et les singes inférieurs; *anatomiquement*, il serait plus facile de faire un homme d'un gorille, qu'un gorille d'un cynocéphale.

On se trouve donc conduit invinciblement à appliquer à l'homme la théorie de l'évolution, appliquée déjà à la formation des espèces animales, et il est difficile de ne pas arriver à cette conclusion si on examine de près les faits d'atavisme cités par Darwin dans son livre sur la descendance de l'homme, et par Hæckel dans sa *Morphologie générale*. Cette parenté généalogique de l'homme peut seule expliquer les organes rudimentaires, les anomalies et une partie des monstruosités qu'on rencontre dans l'organisme humain. Si l'on n'admet pas cette théorie de la descendance de l'homme, il faut renoncer à expliquer une foule de

phénomènes physiologiques et pathologiques, et considérer comme des *jeux de la nature* des faits qui s'interprètent au contraire facilement si l'on admet la généalogie animale de l'homme et l'influence réversive de l'atavisme.

Cela ne veut pas dire qu'on puisse trouver, dans une des espèces animales vivantes actuellement, les ancêtres directs de l'homme; il est plus probable, au contraire, que les deux dérivent d'une souche commune, éteinte aujourd'hui, qui aurait donné naissance, en passant par une série de formes intermédiaires, aux anthropomorphes d'une part, aux ancêtres de l'homme primitif de l'autre.

3° *L'homme préhistorique.*

D'après quelques auteurs (l'abbé Bourgeois), l'homme aurait existé déjà dans la période tertiaire (miocène); ainsi on aurait trouvé des silex taillés et des dessins avec des os de dinotherium. Mais les faits sont trop peu nombreux jusqu'ici pour qu'on puisse admettre sans réserve l'existence de l'homme tertiaire.

L'existence de l'homme quaternaire, au contraire, paraît aujourd'hui parfaitement démontrée. La période de l'existence antéhistorique de l'homme peut se diviser en quatre périodes secondaires, auxquelles on peut donner le nom d'âge de la pierre brute, âge de la pierre polie, âge de bronze et âge de fer.

1° *Age de la pierre brute* (*époque du diluvium, époque paléolithique*). — L'homme de cette époque était contemporain du mammouth, de l'ours des cavernes, du rhinocéros à poils de laine (*r. thicorinus*) et d'autres animaux disparus. Le renne était abondant (âge du renne), ce qui indique un climat différent du climat actuel. Le chien n'existait pas encore à l'état domestique. L'homme se servait d'instruments en corne, en os, en pierre. Les silex étaient d'abord simplement éclatés (âge de la pierre éclatée), puis taillés pour former des haches, des couteaux, des poinçons, etc. L'homme ne connaissait ni la poterie, ni les métaux; il ne connaissait pas l'agriculture, car on n'a pu retrouver de céréales. Il était probablement chasseur et, en cas de besoin, anthropophage. C'est à cette époque que se rattachent les *kjökkenmöddings* ou amas de coquilles trouvés en Danemark. Le squelette de cette race préhistorique est peu connu:

le tibia est aplati, l'humérus souvent perforé, la région mastoïdienne effacée.

Les cavernes à ossements paraissent appartenir à une époque antérieure (âge des cavernes), et il semble y avoir eu à cette époque une race différente de la race ci-dessus ; on a trouvé en effet des dessins sur os et sur pierre et des sculptures indiquant un certain sentiment artistique. Les crânes rencontrés dans ces cavernes (le crâne d'Engis, par exemple) ressemblent aux crânes actuels.

2° *Age de la pierre polie* (*âge néolithique*). — Les animaux de cette période sont le *bos primigenius*, l'aurochs, l'élan, le cerf, le sanglier, le porc ; le chien, le bœuf, le mouton, la chèvre, le porc vivaient à l'état domestique ; le cheval était rare, sinon inconnu. L'homme ne connait encore aucun métal, sauf l'or, mais il polit ses instruments en silex ; il est agriculteur et pasteur ; il connait le blé et l'orge et fait avec leur farine une sorte de pain ou plutôt de gâteau non levé. Il fabrique une poterie grossière, d'une cuisson très-imparfaite, sur laquelle il trace des dessins avec le doigt, avec l'ongle, avec une corde enroulée autour. Il s'habille de peaux de bêtes, mais sait déjà tisser avec le lin et le chanvre quelques étoffes grossières. Les cadavres sont ordinairement ensevelis assis, quelquefois incinérés. Le crâne est brachycéphale, l'arcade sourcilière épaisse. C'est l'époque des grands *tumuli* et de quelques habitations lacustres.

3° *Age de bronze*. — Les animaux domestiques sont plus nombreux, et parmi eux on trouve le cheval. Il y a encore des instruments en pierre, mais les instruments et les objets de bronze sont très-nombreux ; par contre, les objets en cuivre ou en étain pur sont excessivement rares. La monnaie est inconnue. Les poteries sont plus variées, mieux faites. Les ornements des poteries et des objets de bronze sont formés de dessins géométriques (cercles, spirales, etc.) très-variés et souvent d'une grande délicatesse d'exécution : il n'y a pas de figures de plantes ou d'animaux. C'est surtout dans cette période que la vie nomade paraît avoir fait place à la vie sédentaire. C'est l'époque des habitations lacustres, des dolmens, des cercles et des rangées de pierres. Les cadavres sont ordinairement incinérés, ce qui explique la rareté des crânes de cette période ; quelquefois cependant ils sont enterrés assis.

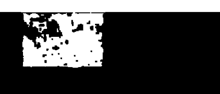
4° *Age de fer*. — Le fer remplace le bronze pour les armes,

les haches, les couteaux ; le bronze est encore conservé pour les poignées, les objets d'arts, les bijoux. La poterie est mieux faite et ressemble à la poterie romaine; le verre parait. Les dessins d'ornementation consistent surtout en imitation de plantes et d'animaux. Les cadavres sont enterrés couchés.

Bibliographie. — LAMARCK : *Philosophie zoologique* et *Histoire des animaux sans vertèbres*, 1815. — CH. DARWIN : *De l'Origine des espèces*; trad. par Mme C. ROYER, 1862, et *la Descendance de l'homme et la Sélection sexuelle*; trad. par MOULINIÉ, 1872. — CH. LYELL : *l'Ancienneté de l'homme*; trad. par CHAPER, 1864. — J. LUBBOCK : *l'Homme avant l'histoire*; trad. par BARBIER, 1867. — AGASSIZ : *De l'Espèce et des classifications*; trad. par VOGELI. — DE QUATREFAGES : *Charles Darwin et ses précurseurs français*, 1870. — HÆCKEL : *Morphologie générale des organismes*; trad. par LETOURNEAU, 1874. — DURAND DE GROS : *les Origines animales de l'homme*, 1871. — OTTO SCHMIDT : *Descendance et Darwinisme*, 1875. — BEAUNIS : *les Principes de la physiologie*, 1875.

Bibliographie générale. — HALLER : *Elementa physiologiæ corporis humani*, 1757-1766. — P.-J. BARTHEZ : *Nouveaux Éléments de la science de l'homme*, 1778. — G.-R. TREVIRANUS : *Biologie*, 1802-1806. — X. BICHAT : *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, 1860. — RICHERAND : *Nouveaux Éléments de physiologie*, [illegible]. — J. LORDAT : *Ébauche du plan d'un traité complet de physiologie*, 1841. — MAGENDIE : *Précis élémentaire de physiologie*, 1816. — N.-P. ADELON : *Physiologie de l'homme*. — C.-F. BURDACH : *la Physiologie considérée comme science d'observation*; trad. par JOURDAN, 1837-1840. — J.-C. LEGALLOIS : *Œuvres physiologiques*, [illegible]. — P.-N. GERDY : *Physiologie médicale*, 1829. — F. TIEDEMANN : *Physiologie générale*; trad. par JOURDAN, 1831. — DE BLAINVILLE : *Cours de physiologie générale et comparée*, 1833. — J. MÜLLER : *Manuel de physiologie de l'homme*; trad. par JOURDAN, 1845; 2e édit., 1851. — R.-B. TODD : *The Cyclopædia of anatomy and physiology*, 1836-1852. — J.-L. BRACHET : *Physiologie de l'homme*, 1837. — A. DUGÈS : *Traité de physiologie comparée*, 1838. — R. WAGNER : *Handwörterbuch der Physiologie*, 1842-1853. — W.-B. CARPENTER : *Principles of human physiology*, 1842; 7e éd., 1869. — R.-B. TODD et BOWMANN : *The physiological anatomy and physiology of man*, 1843-1856; 2e édit., 1866. — G. VALENTIN : *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 1844. — CARL VOGT : *Physiologische Briefe*, 1845-1847. — MATTEUCCI : *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, 1847. — P. BÉRARD : *Cours de physiologie*, 1848-1855. — T. BUDGE : *Lehrbuch der speciellen Physiologie des Menschen*, 1848. — F.-A. LONGET : *Traité de physiologie*, 1850; 3e édit., 1868. — LUDWIG : *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 1852-1856. — G. COLIN : *Traité de physiologie comparée des animaux domestiques*, 1854-1856; 2e édit., 1871-1873. — OTTO FUNKE : *Lehrbuch der Physiologie*, 1854-1856; 5e édit., 1869. — CL. BERNARD : *Leçons de physiologie expérimentale*, 1854-1855; *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1865; *Leçons de pathologie expérimentale*, 1871; *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*, 1866. — DONDERS : *Physiologie des Menschen*, [illegible]. — FLOURENS : *Cours de physiologie comparée*, 1856. — DRAPER : *Human physiology*, 1856. — MILNE-EDWARDS : *Leçons sur la physiologie comparée de l'homme et des animaux*, 1857-1875. — BÉRAUD : *Éléments de physiologie*, 1857. — SCHIFF : *Lehrbuch der Physiologie*, 1858. — J.-B. BENNETT : *Outlines of physiology*, 1858. — FICK : *Compendium der Physiologie*, 1859. — J.-C. DALTON : *A treatise on human physiology*, 1859. — G.-H. LEWES : *Physiology of common life*, 1859. — C. VIERORDT : *Grundriss der Physiologie des Menschen*, 1860-1861. — L. HERMANN : *Grundriss der Physiologie des Menschen*, 1863; trad. française par ROYE, 1869. — W. WUNDT : *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 1864; trad. française par A. BOUCHARD, 1872. — A. RAFFAELE : *Instituzione elementare di fisiologia umana*, [illegible]. — A. FLINT : *Physiology of man*, 1865. — RANKE : *Grundzüge der Physiologie*, [illegible]; 2e édit., 1872. — F. LUSSANA : *Manuale pratico di fisiologia*, 1866. — [illegible] : *Traité de physiologie* (incomplet), 1869. — E. ŒHL : *Manuale di fisiologia*, 1871. — KÜSS : *Cours de physiologie*; rédigé par M. DUVAL, 1872; 2e édit., 1874. — BEAUNIS : *Programme du cours complémentaire de physiologie fait à la Faculté de médecine de Strasbourg*, 1872. — E. BRÜCKE : *Vorlesungen über Physiologie*, 1873. — J. BÉCLARD : *Traité élémentaire de physiologie*, 6e édition.

Publications périodiques. — *Journal de physiologie expérimentale* de MAGENDIE, 1821-1828. — *Journal de physiologie* de BROWN-SEQUARD, 1858-[illegible] —



Journal de l'anatomie de ROBIN, depuis 1864. — *Archives de physiologie* depuis 1864. — *Revue des sciences médicales* de HAYEM. — JOH. MÜLLER'S *Archiv*. — *Archiv für Anatomie und Physiologie* de REICHERT et DU BOIS REYMOND. — *Archiv für die gesammte Physiologie* de F.-W. PFLÜGER. — *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig* de LUDWIG. — *Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte in der gesammten Medicin*, par VIRCHOW et HIRSCH. — *Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie*, par J. HENLE et F. MEISSNER. — *Jahresberichte über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie*, par F. HOFMANN et G. SCHWALBE. — *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften*. — *Journal of anatomy and physiology*, etc. — Consulter aussi les Comptes rendus des Sociétés savantes et en particulier les Comptes rendus de l'Académie des sciences, etc.

NOTES ADDITIONNELLES

NOTE I.

HAYEM : *De la numération des globules du sang.* (Addition à la page 84.)

On fait le mélange du sang et du sérum (liquide albumineux, sérum iodé) dans une petite éprouvette; le sang et le sérum ayant été aspirés dans des pipettes graduées, on connaît la quantité qu'on en a prise et par suite le titre du mélange. On dépose une goutte du mélange dans une cellule formée par une lamelle de verre épaisse de $^1/_5$ de millimètre, perforée à son centre et collée sur une lame de verre, et on recouvre d'une lamelle de verre. L'oculaire du microscope contient un micromètre oculaire, qui porte un carré divisé de $^1/_5$ de millimètre de côté, valeur de l'épaisseur de la cellule qui contient le mélange; le carré divisé de l'oculaire donne donc à l'œil de l'observateur la projection d'un cube de $^1/_5$ de millimètre de côté, et en comptant les globules contenus dans ce carré, on aura le nombre de globules contenus dans un cube de $^1/_5$ de millimètre de côté; en multipliant par 25, on aura le nombre de globules renfermés dans 1 millimètre cube du mélange, et en multipliant ce chiffre par le titre du mélange, on aura le nombre de globules contenus dans 1 millimètre cube de sang.

Dans ce procédé comme dans tous les procédés connus jusqu'ici, les causes d'erreur sont très-nombreuses. (*Gazette hebdomadaire*, 1875, n° 19.)

NOTE II.

De l'acide du suc gastrique. (Addition à la page 159.)

Contrairement aux recherches de Laborde, R. Maly n'a pu constater la présence de l'acide lactique dans le suc gastrique. La question, en somme, en étant toujours au même point, il me paraît inutile d'entrer dans plus de détails.

NOTE III.

Vitesse de la transmission nerveuse dans les nerfs et dans la moelle.
(Addition aux pages 300 et 1029.)

Dans des recherches récentes, pour le détail desquelles je renvoie au mémoire de l'auteur, Bloch arrive à des conclusions qui contredisent sur



plusieurs points les conclusions admises jusqu'ici par les physiologistes. D'après lui, la transmission serait plus rapide dans la moelle que dans les nerfs; elle serait en moyenne de 194 mètres par seconde pour la moelle, de 132 mètres par seconde pour les nerfs. (*Société de biologie* et *Gazette médicale de Paris*, 1875.)

NOTE IV.

Sur le sang de la rate. (Addition à la page 497.)

Malassez et Picard (*Recherches sur le sang de la rate; Gazette médicale de Paris*, 1875) ont trouvé le sang veineux qui revient de la rate plus riche en globules rouges que le sang artériel, et cette augmentation du nombre des globules rouges est plus considérable quand on paralyse l'organe par la section de ses nerfs. Le sang contenu dans le tissu splénique est aussi plus riche en globules que le sang artériel, et le sang de la rate paralysée en contient plus que le sang de la rate intacte. L'augmentation de globules dans la rate paralysée ne peut être attribuée à une simple concentration du sang.

J. Tarchanoff et A. Swaen (*Des Globules blancs dans le sang des vaisseaux de la rate; Archives de physiologie*, 1875) ont constaté que, contrairement à l'opinion généralement acceptée, le sang de la veine splénique contient ordinairement moins de globules blancs que le sang de l'artère. La dilatation paralytique de la rate [illegible] section de ses nerfs, détermine la diminution des globules blancs dans le sang [illegible] qui émane de la rate, que cette diminution tienne à leur [illegible] dans l'organe, à leur [illegible], ce qui est plus probable, à leur transformation en globules rouges.

NOTE V.

Procédé des injections [illegible] interstitielles de l'auteur ([illegible] à la page [illegible].)

Je crois [illegible] par moi à l'Académie de médecine le [illegible].

Des injections [illegible] en [illegible] et en physiologie expérimentale.

« [illegible]

« [illegible]

« [illegible]

« [illegible]

« ciale dans l'étude des centres nerveux, puisqu'il permet d'atteindre les parties profondes inaccessibles jusqu'ici à l'instrument, ou accessibles seulement au prix des plus graves mutilations. Ce procédé peut aussi recevoir, comme on le verra plus bas, une plus grande extension.

« Le manuel opératoire est très-simple. Comme instruments, un perforateur, s'il y a des os à traverser; une canule à trocart qu'on enfonce à une profondeur déterminée d'avance dans une direction donnée, et une seringue à injection sous-cutanée.

« Le choix de la substance à injecter varie évidemment suivant le but à atteindre. Les liquides injectés peuvent être :

« 1° Des liquides *inertes* agissant mécaniquement par pression et distension;

« 2° Des liquides *corrosifs*, détruisant la substance organique avec laquelle ils sont en contact;

« 3° Des liquides *diffusibles* pouvant se mélanger aux sucs propres de l'organe ou du tissu, et agir sur lui par leurs propriétés médicamenteuses et toxiques;

« 4° Des liquides *solidifiables* susceptibles de se solidifier après l'injection, agissant d'abord mécaniquement, puis comme corps étrangers irritants sur les tissus.

« On pourra, du reste, faire varier, suivant les cas et dans les limites les plus étendues, la température de ces différents liquides.

« Il est préférable d'employer les liquides colorés naturellement ou artificiellement, pour pouvoir à l'autopsie retrouver exactement les limites et l'étendue de leur sphère d'activité.

« Les *injections interstitielles* ouvrent donc un *nouveau et vaste* champ à la physiologie expérimentale et en particulier à cellej des centres nerveux. Elles peuvent aussi servir aux recherches de physiologie pathologique et de thérapeutique.

« Les expériences à l'appui, dont la première a été faite dans mon cabinet à la Faculté de médecine de Strasbourg, le 9 mai 1868, seront ultérieurement communiquées à l'Académie. »

Le pli cacheté qui contenait cette note n'a été ouvert que dans la séance de l'Académie du 23 juillet 1872, mais, dès 1868, une partie des expériences avaient été répétées publiquement dans mes conférences de physiologie à la Faculté de médecine de Strasbourg.



TABLE ANALYTIQUE

A

Pages.

ration de réfrangibilité de l'œil . . . 783
sphéricité de l'œil . . . 779
génèse . . . 343
isses (Ligne des) . . . XIII
rption . . . 323
imentaire . . . 408
onditions de l') . . . 327
tanée . . . 480
la graisse . . . 244
s albuminoïdes . . . 408
s gaz . . . 244
s graisses . . . 409
s hydrocarbonés . . . 409
s liquides . . . 244
s rayons lumineux dans l'œil . 787
s substances solubles . . . 244
volatiles . . . 244
gestive . . . 408
oxygène . . . 441,451
nérale . . . 326
cale . . . 326
mphatique . . . 324
ır les chylifères . . . 415
ır les séreuses . . . 482
ır le tissu cellulaire . . . 482
ır le tube digestif . . . 408,481
ılmonaire . . . 481
Rapidité de l') . . . 325,326
Rôle de l'épithélium dans l') . . 243
nguine . . . 324,414
crétoire . . . 411
ineuse . . . 324
ésicale . . . 482
rptions locales . . . 479
mmodation . . . 789,904
rds . . . 755

Pages.

Accords consonnants . . . 755
— de quatre sons . . . 757
— dissonants . . . 755
— majeurs . . . 756
— mineurs . . . 755
Accouchement . . . 1042
Accroissement . . . 334
Acétone . . . 1076
Achromatopsie . . . 827
Acide acétique . . . 51
— benzoïque . . . 51
— butyrique . . . 52
— caprique . . . 52
— caproïque . . . 52
— caprylique . . . 52
— carbolique . . . 52
— carbonique . . . 77,78,95,1083
— — (Origine de l') . . . 536
— cérébrique . . . 52
— chénotaurocholique . . . 135
— chloropeptique . . . 389
— cholalique . . . 52
— choléique . . . 52
— cholique . . . 52
— choloïdique . . . 52
— cryptophanique . . . 52
— cyanhydrique . . . 1084
— cyanurénique . . . 124
— damalurique . . . 52
— excrétoléique . . . 52
— formique . . . 52
— glycocholique . . . 53
— hippurique . . . 53,125
— — (Origine de l') . . . 528
— hyoglycocholique . . . 135
— hyotaurocholique . . . 135

Pages.
Acide inosique. 54
— lactique. 54
— — (Origine de l') 535
— libre du suc gastrique. . . 159,1100
— margarique. 54
— oléique. 54
— oxalique. 54,121
— — (Origine de l'). 535
— oxalurique 54
— palmitique 54
— paralactique 54
— peptique. 389
— phénique 55
— phosphoglycérique. 55,531
— pneumique 55
— propionique 55
— sarcolactique 55
— stéarique 55
— succinique 55
— sulfocyanhydrique. 55
— taurocholique. 56
— taurylique 56
— urique. 56,120
— — (Dosage de l') 118
— — (Origine de l') 525
Acides. 194
— aromatiques (Origine des). . . 535
— biliaires 51,130
— — (Origine des). 521
— gras volatils (Origine des) . . . 534
— inorganiques 45
— organiques. 46,48
— végétaux dans l'alimentation. . 367
Aconitine 1082
Actes instinctifs 316
— intimes de la nutrition. 322
— psychiques 317
Action des muscles de l'œil. . . . 838
— psychique de la moelle 937
— réflexe 309
— — de la moelle 932
Actions nerveuses d'arrêt. 320
Activité cérébrale, son influence sur l'urine. 123
Acuité de la vue 773
Adaptation (voir : *Accommodation*).
Adolescence. 1053
Aérotonomètre. 438
Æsthésiomètre. 877
— de Liégeois 888
Æsthésiométrique (Aiguille) . . . 875
Affinité élective des cellules . . . 216
Age de bronze. 1097
— de fer. 1097
— de la pierre brute 1096
— de la pierre polie 1097

Pages.
Age, son influence sur la température du corps . . . . [illegible]
— Son influence sur la voix. . . . [illegible]
— — articulée. 610
— — le lait . . . . [illegible]
— — l'élimination de l'acide carbonique. 415
— — le sang. 105
— — les mouvements respiratoires 571
— — sur l'urine 123
— viril 1053
Agglutination des sons articulés. . 615
Agonie. . . . . [illegible]
Aiguille æsthésiométrique 875
Air complémentaire . . . . [illegible]
— expiré 424
— — (Composition de l') 424
— — (Température de l'). 425
— — (Volume de l') 425
— inspiré . . . . [illegible]
— — (Composition de l') . . . . . [illegible]
— — (État hygrométrique de l'). . [illegible]
— — (Pression de l'). . . . . . . [illegible]
— — (Température de l'). 423
Albuminate basique . . . . [illegible]
Albumine acide 57
— coagulée (Digestion de l') . . . [illegible]
— crue (Digestion de l') . . . . . [illegible]
— de l œuf. 57
— du sérum 57
Albuminoïdes. . . . . [illegible]
— (Action de la bile sur les) . . . [illegible]
— (Action du suc gastrique sur les) [illegible]
— (Action du suc intestinal sur les) [illegible]
— (Action du suc pancréatique sur les) . . . . [illegible]
— (Caractères des). . . . . [illegible]
— (Classification des) . . . . . . [illegible]
— de l'alimentation . . . . [illegible]
— de l'organisme . . . . [illegible]
— (Digestion des) . . . . [illegible]
— (Réactions des) . . . . [illegible]
Albuminose . . . . [illegible]
— de cuisson. . . . . [illegible]
Alcalis. . . . . [illegible]
Alcaloïdes. . . . . [illegible]
— dans l'alimentation . . . . . . [illegible]
Alcaptone. . . . . [illegible]
Alcool . . . . [illegible]
— dans l'alimentation . . . . . . [illegible]
— méthylique . . . . [illegible]
— amylique. . . . . [illegible]
Alcools. . . . . [illegible]
Aldéhyde . . . . [illegible]
Aldéhydes. . . . . [illegible]
Alimentaires (Substances) . . . . [illegible]

Pages.
ation exagérée 510
isante 505
. . . . 503
nfluence sur le lait. . . . 140
l'élimination d'acide carique 445
le sang. 105
l'urine 122
. . . . 356
oires 366
inoïdes 366
rgne. 537
. . . . 366
carbonés. 364
aux. 360
ension des). 622
tion des). 378
es 357
pérature des). 378
ne. 60
t phonétique. 614
ns phonétiques 611
. . . . 8
e (Œil) 778
ie. 777
. . . . 208
. . . . 197
. . . . 364
n de la bile sur l') 395
n de la salive sur l'). . . 379
n du suc pancréatique l') 392
l 365
stion de l'). 407
aque 60
ine de l'). 533
ière (Réaction). 186
de d'une vibration 580
ool 1076
. . . . 1076
e (Matière) 60
de la bile 181
lymphe 111
rine 118
t 137
ng. 100
ale physiologique 822
ique des sensations tactiles 883
graphe. 428
composées. 585
raneuses 585
s 585
ie de la grenouille xxx
otonus. 1069
sie localisée 882
siques. 1073, 1076

Pages.
Angiographe de Landois. 668
Angle ascensionnel. 835
— auditif 736
— de déplacement latéral. 835
— — vertical. 835
— de rotation de l'œil 836
— de torsion de l'œil. 836
— visuel. 772
Anhydrisation 359
Animaux à sang chaud 707
— — froid. 707
— à température constante. . . . 707
— — variable 707
— (Caractères des). 26
Anthropomorphes 34
Antiarine 1082
Aphakie 793
Apnée. 576
Apomorphine 1078
Appareil à flammes manométriques. 601
— d'Andral et Gavarret 419
— de Du Bois Reymond xxiv
— de Ludwig et Dogiel. 698
— de J. Müller. 740
— de Müller. 419
— de Pettenkofer 419
— de Regnault et Reiset 416
— lacrymal 862
Appareils xii
Apposition. 18
Arrachement du moteur oculaire commun. 903
— du spinal 948
Arrêt (Actions nerveuses d') . . . 820
Articulés (Sons) 597
Art musical 741
Asphyxie 576
Assimilation. 26, 332, 514
Astigmatique (Lentille). 783
Astigmatisme irrégulier 780
— régulier. 780, 781
Astigmomètre 783
Atomes 1
Atomique (Hypothèse) 1, 2
Atropine. 1080
Auditif (Nerf) 929
Audition. 732
Auditives (Sensations) 742
Aura seminalis. 350
Auriculaire (Rameau) 947
Automatiques (Mouvements) . . . 815
Automatisme du cœur 661
— spontané des cellules nerveuses. 302
Axe auditif 736
— de rotation de l'œil 833

Pages.
Axe principal 762
— secondaire 762
Azote 76,78,85
Azotés (Composés organiques) . . [illegible]

B

Bâillement 574
Balancement des circulations locales 675
Baryton 592
Base de sustentation 547
Bases inorganiques 45
Bases organiques 48
— physiologiques de la psychologie 1016
Basse 592
Bâtonnets 806,827
Battements 752
Besoin 304
Besoins 895
Bière 377
Bile 128
— (Action post-digestive de la) . . 396
— (Analyse de la) 131
— Changements dans l'intestin . 135
— (Composition chimique de la) . 130
— (Gaz de la) 131
— incolore 521
— (Influence de la circulation sur la) 133
— (Influence de la digestion sur la) 138
— (— de l'innervation sur la) . . . 134
— (Physiologie comparée de la) . 135
— (Quantité de) 129
— (Rôle physiologique de la) . . . 135
— Sa résorption dans l'intestin . 397
— Son action sur les albuminoïdes 395
Bile. Son action sur les aliments. [illegible]
— — graisses . . . . [illegible]
— — hydrocarbonés . . . . [illegible]
— (Usages de la) . . . . [illegible]
— (Variations de composition de la) 133
Bilifuchsine . . . . [illegible]
Biliprasine 61
Bilirubine 61,130
— (Origine de la) . . . . [illegible]
Biliverdine . . . . 61,131,52[illegible]
Binoculaire (Diplopie . . . . . . [illegible]
— (Vision) . . . . [illegible]
Blaisement . . . . [illegible]
Blastème . . . . [illegible]
Blastoderme (Formation du) . . . [illegible]
Boissons . . . . [illegible]
— acidules . . . . [illegible]
— alcooliques . . . . [illegible]
— gazeuses . . . . [illegible]
— sucrées . . . . [illegible]
Bol alimentaire 400,623
Bouillon . . . . [illegible]
Bromoforme . . . . [illegible]
Brucine . . . . [illegible]
Bruit rotatoire des muscles . . . [illegible]
Bruits . . . . [illegible]
— du cœur . . . . [illegible]
— vasculaires . . . . [illegible]
Bulbe (Physiologie du) . . . . . . [illegible]
Butalanine . . . . [illegible]

C

Café 377
Calorimétrie 704
— indirecte 705
Canaux demi-circulaires (Lésion des) 929
Capacité pulmonaire 426,429
— vitale 426,430
Capsules surrénales 178,997
Caractères distinctifs des animaux et des végétaux 26,29
Caractères dynamiques des corps vivants 19
Caractères essentiels de la vie . . [illegible]
— généraux des corps vivants . . [illegible]
— matériels des corps vivants . . [illegible]
— morphologiques des corps vivants . . . . [illegible]
Carbonates . . . . [illegible]
— (Origine des) . . . . [illegible]
Carbures d'hydrogène . . . . . . [illegible]
Cardiographe clinique . . . . . . [illegible]
— de Legros et Onimus . . . . . [illegible]
— de Chauveau et Marey . . . . [illegible]
— de Marey . . . . [illegible]

Pages.
Cardiographe simple 648
Cardiographie. 646
Cardiomètre de Cl. Bernard . . . 634
Carnine 61
Carnivores (Urine des). 124
Caséine. 61,136
— (Digestion de la) 385
— végétal (Digestion de la). . . 385
Castrats (Voix des) 597
Cathéter pulmonaire. 498
Cellulaire (Contenu). 214
— (Évolution). 219
— (Excrétion) 217
— (Irritabilité). 217
— (Nutrition) 216
— (Physiologie) 204
— (Sécrétion) 217
— (Territoire) 218
— (Théorie) 224
— (Multiplication) 219
Cellule 204,211,214
— (Membrane de) 212
— nerveuse motrice 290
— nerveuse sensitive 290
— (Noyau de) 214
Cellules. 214
— (Durée des). 223
— (Formation libre des) 219
— (Génération endogène des) . . 220
— (Génération par bourgeonnement des) 221
— (Génération par scission des) . 221
— (Génération protoplasmique des). 219
— (Mort des). 223
— (Mouvement des) 218
— nerveuses. 300
— (Transformation chimique des). 223
Cellulose 365
Centre accélérateur du cœur. . . 955
— ano-spinal 986
— cilio-spinal 985
— convulsif 998
— d'arrêt du cœur. 956
— de gravité du corps. 547
— de la phonation 994
— de rotation de l'œil 833
— des mouvements de déglutition. 994
— — de la mâchoire inférieure. . 995
— — de la vessie 987
— — des membres. 986
— diabétique 994
— du dilatateur de la pupille. . . 994
— du langage articulé 1013
— expirateur 993
Pages
Centre génito-spinal 986
— glycogénique 994
— inspirateur 993
— moteur des muscles de la face. 995
— respiratoire 985,993
— salivaire 995
Centres de tonicité musculaire . . 987
— moteurs de la substance corticale. 1014
— nerveux (Chimie des). 175
— (Physiologie des). 977
— vaso-moteurs 987
Cercle chromatique 823
Cercles de diffusion 775
— de sensation 834
Céréales. 375
Cérébrine. 61
Cérébro-spinal (Liquide). 115
Cérébrote 62
Cérumen 142
Cervelet (Physiologie du) 1004
Chair musculaire (Digestion de la) 386
Chaleur animale. 703
— (Déperdition de) 710
Champ auditif. 735
— tactile 881
— visuel 840
— — monoculaire 840
Chaos lumineux 800
Chatouillement 871
Chaussure exploratrice. 551
Chaux (Sels de) 362
Cheveux. 171
Chimie 16
— physiologique. xii,43
Chloral 1075
Chloramyle 1077
Chloroforme 1073
Chlorophylle. 26
Chlorure de méthyle. 1076
— — monochloré. 1076
— — tétrachloré. 1076
— de sodium, comme aliment. . 360
— d'éthyle. 1076
— d'éthylène 1076
Chlorures 363
Choc du cœur 657
Cholestérine. 62,131
— (Origine de la) 536
Cholétéline 62
Choline 62
Chondrigène (Substance). 62
Chondrine. 62
Chondroglycose 62
Chromatique (Cercle). 823
— (Toupie) 819

Pages.

Chromatique (Triangle). 824
Chuchotement. 597
Chyle 83,112
Chyme intestinal. 404
— stomacal. 401
Cinchonine 1082
Circulation artérielle 665
— capillaire 676
— cardiaque. 661
— cérébrale 1015
— dans les vaisseaux. 664
— de la matière. 18,28
— des glandes salivaires. 473
— fœtale. 1047
— hépatique. 466
— lymphatique 701
— oculaire. 860
— pulmonaire. 700
— rénale 455
— sanguine 635
— veineuse 678
Classification des couleurs 823
Climat, son influence sur l'articulation des sons. 613
Coagulation de la lymphe 110
— du lait 139
— du sang. 97
Codéine. 1078
Coefficient d'absorption 822
— de ventilation. 433
Cœur (Action de la moelle sur le). 955
— (Action du grand sympathique sur le). 953
— (Action du pneumogastrique sur le). 937
— artificiel de Marey. 646,657
— (Automatisme du). 661
— (Bruits du) 659
— (Choc du). 657
— (Innervation du) 937,953
— (Innervation ganglionnaire du) 957
— (Irritabilité du) 663
— (Mouvements du) 646,653
— (Quantité de sang du) 662
— (Sensibilité du) 663
— (Situation du). 651
— (Travail mécanique du). . . . 664
Cœurs agités de Wheatstone . . . 784
Coït. 1038
Collagène (Substance) 62
Colloïdes 18
Colloïdine. 62
Colorante de la bile (Matière) . . 62
— de l'urine (Matière) 63
Colorantes (Matières) 50
Colorées (Ombres) 831

Pages.

Colorées (Phases) 830
Colostrum. 136,140
— (Globules du). 140
Comma 745
Commutateur de Ruhmkorff . . . xxv
Compas de Weber 877
Compression cérébrale. 991
Concurrence vitale. 1080
Condiments. 377
Conductibilité de la substance grise 303
— nerveuse 236
Cônes. 805,827
Conscience. 304,318,1016
— musculaire 891
Conservation de la force (Loi de la) 16
Consonnance 754
Consonnes. 599,606,610
— continues. 607,610
— explosives. 607,610
— gutturales. 606
— labiales. 606
— linguales 606
— (Mode de formation des). . . . 606
— muettes. 607
— nasales 607,611
— vibrantes 607,610
Constantes optiques de Gauss. . . 763
Constitution, son influence sur le lait 140
Construction de l'image d'un point 762 [765
— d'un rayon réfracté 762,764
Contact (Sensations de). 874
Continuité des perceptions visuelles 853
Contractilité artérielle 674
— pulmonaire. 565
Contraction idio-musculaire . . . 300
— musculaire 262
— — non métallique 725
— — (Phénomènes anatomiques de la). 273
— — (— physiques de la). 276
— — physiologique 272
— — (Théorie de la). 277
Contralto 602
Contraste simultané des couleurs. 831
— successif des couleurs 831
Convergence des lignes visuelles. 845
Corde du tympan. 981
Cornée 170
Corps (Des) 16
Corps composés de l'organisme. . 44
— inorganiques 44
— gras de l'organisme 50
— simples de l'organisme. 43
— striés (Physiologie des). 1068

Pages.
Corps thyroïde (Chimie du). . . . 179
Corrélation des forces physiques . 3
Couches optiques (Physiologie des) 1001
Couenne inflammatoire 97
Couleur. 814
— du sang. 96
— inductrice 831
— induite 831
Couleurs composées 815
— (Contraste des) 831
— fondamentales 824
— (Mélange des). 815
— mixtes 815,816
— (Représentation géométrique des). 823
— simples. 815
— spectrales (Mélange des). . . . 817
Courant musculaire 726
— nerveux. 726
— propre de la grenouille 726
Courants d'inclinaison. 728
Courbe musculaire. 263
Course 556
— (Vitesse de la). 557
Crachement. 574
Créatine. 63
— (Origine de la) 529
Créatinine. 63
— (Origine de la) 529
Crème. 139
Crémomètre. 138
Cristallin (Chimie du). 172
Cristalline 171
Croton-chloral. 1077
Crusta phlogistica 97
Curare 1078
Curarine. 1080
Cylindre-axe. 236
— enregistreur. XIX
Cyrtomètre de Woillez. 553
Cystine 63,533
Cytoblastème 219

D

Daltonisme 826
Darwinisme. 1083
Daturine. 1081
Décharge nerveuse. 302
Décompositions dans l'organisme. 179
Dédoublements dans l'organisme vivant. 182
Défécation. 631
Déficit d'azote. 447
Définitions de la vie. 23,24
Déglutition. 623
Déminéralisation. 360
Demi-ton. 745
Dents 169
Déperdition de chaleur par l'organisme. 716
Désassimilation. 27,333,519
Déshydratation 183
Désir 301
Destruction des nerfs du rein. . . 451
— du pancréas. 164
— du plexus cardiaque. 975
— du sucre dans le sang 490
Développement. 359
Dextrine. 63
Diamide lactylique. 63
Diapnomètre. 234
Diastase salivaire 152
Diastole. 649
— auriculaire 654
Diastole ventriculaire 655
Dicrotisme du pouls 673
Différence des sexes (Causes de la). 1057
Différences du sang artériel et du sang veineux. 103
Digestion 356
— dans la cavité buccale. 399
— dans le gros intestin. 404
— dans l'intestin grêle. 403
— de la caséine 385
— — végétale 385
— de la chair musculaire. 386
— de la fibrine. 384
— — musculaire. 385
— de la gélatine. 385
— de l'albumine coagulée 385
— — crue. 385
— de la légumine 385
— de la syntonine 385
— des albuminoïdes 382
— des hydrocarbonés. 379
— des os. 387
— des substances végétales. . . . 387
— des tissus connectifs. 387
— du gluten. 385
— du lait. 386
— du sang. 387
— gastrique naturelle. 391
— intestinale. 403
Digestions artificielles. 384

[illegible] . . . . . [illegible]
Érection . . . . 10[illegible]7
Ergotine 1083
Erreur personnelle 1030
Éructation 629
Espèce 1086
— humaine 1091
— (Origine de l') 1095
Espèces (Origine des) 1087
Éternuement 574
Éther 1075
— acétique 1077
— chlorhydrique 1076
Éthers 195
Éthylène 1076
Étuve XXII
Évolution cellulaire 219
Évolution des corps 16
— — vivants 20
Excitabilité de la moelle 977
— de la protubérance 997
— de la substance grise 301
— du bulbe 991
— nerveuse 287,293
— réflexe 311
— rétinienne 800
Excitants accidentels des nerfs . . 295
— de la rétine 799
— hétérologues 308
— homologues 308
— physiologiques des nerfs . . . 295
Excitation latente du muscle . . . 268
— rétinienne 799,805
Excito-moteur (Arc) 309
Excréation 574
Excréments 405
Excrétine 64
Excrétion biliaire . . . . 4[illegible]
— cellulaire 217
— de la sueur 463
— ovulaire 1036
— salivaire 476
— urinaire 632
Exhalation 244
— d'azote 417
— de vapeur d'eau 448,451
— interstitielle 320
Expectoration 574
Expérience d'Aristote 881
— d'Auerbach 958
— de Mariotte 820
— de Mile 777
— de Pflüger 937
— de Scheiner 776
— de Volkmann 803
— de Wheatstone 814
Expiration 565,699
— forcée 566
— ordinaire 566
Expression 1026
Extériorité des sensations 1021
— — auditives 748
— — tactiles 880
— — visuelles 849
Extirpation de la rate 498
— de l'encéphale 990
— du ganglion cervical inférieur . 974
— — supérieur 974
— du pancréas 164
— du plexus cœliaque 975
— — rénal 975
— du premier ganglion thoracique 974
— du rein 453

F

Facial (Nerf) 922
Faim 357,895
Fatigue musculaire 275
— nerveuse 300
— rétinienne 812
Fèces 405
Fécondation 350,1037,1049
— anticipée 318
Fendillement 351
Fer 363
Fermentation 185
— urinaire acide 119
— — ammoniacale 119
Ferment diastasique 64
Ferment du sang 64
— hépatique 488
— inversif 61,399
— peptique 64
Ferments du suc pancréatique . . . 165
— figurés 187
— solubles 61,185
Fève de Calabar 1081
Fibre-axe 286
Fibre musculaire lisse 282
— — striée 258
— nerveuse 286
Fibrine 64,90,109
— (Digestion de la) 384

Pages.

Glandulaires (Nerfs) 971
Globe oculaire (Axe de rotation du) 833
— (Centre de rotation du). 833
— (Mouvements du) . . . 833,835,903
Globules blancs 89
— — (Caractères des). 89
— — (Numération des) 89
— de la lymphe. 109
— du colostrum 140
— du lait. 136
— nerveux. 285
— polaires. 350
— rouges 84
— — (Caractères des). 84
— — (Composition des). 86
— — (Dosage des) 101
— — (Durée des). 89
— — (Influence de divers agents sur les). 87
— — (Numération des) 84,1100
Globuline 65,171
Glosso-pharyngien (Nerf). 930
Glucose 65
Gluten (Digestion du). 385
Glutine 65
Glycérine 65
Glycine 65
Glycocolle. 65
— (Origine de la). 522
Glycogène du foie 177,483
— (Formation du). 484
Glycogènes (Substances). 47,66
Glycogénie. 483
— histologique. 492
— placentaire 492
— *post mortem* 487
Glycose. 66,177,365
— dans le sang. 488
— du foie 487
— (Formation de la) 487
— (Réaction de la). 66

Pages.

Gomme 365
— (Digestion de la). 407
Goût. 868
— (Nerfs du). 870,916,927,932
Graisse de l'organisme (Formation de la). 516
Graisses (Action de la bile sur les) 395
— (Action du suc intestinal sur les) 399
— (Action du suc pancréatique sur les). 393
— de l'alimentation 364
— (Digestion des) 407
Grandeur des objets 854
— du pouls 674
— (Illusions de la) 854
Grand nerf auriculaire (Section du) 898
— — pétreux superficiel. 928
Granulations moléculaires 191
Granulose. 364
Graphique de la contraction musculaire lisse. 284
— de la contraction pulmonaire. . 565
— de la course. 557
— de la marche 555
— de la parole. 605
— de la propagation de l'onde muslaire. 270
— du rire 575
— musculaire 268
— — du tétanos 271
— respiratoire. 434,435,561
— — après la section des pneumogastriques 912,913,941
Grasseyement 611
Grenouille (Anatomie de la) . . . xxx
— salée 505
Grossesse 1041
— Son influence sur le sang. . . . 106
— — sur l'urine 123
Guanine. 67,531
Gustation 868

H

Habitude 1018
— Son influence sur la sensibilité tactile. 883
Halitus sanguinis. 96
Harmonie préétablie. 25
— (Principes physiologiques de l') 752
Harmoniques 582
Hauteur du son. 580,743
Hématies. 84
Hématine 67
— (Caractères spectroscopiques de l') 67
Hématocristalline 67
Hématoïdine. 67
Hématoïne. 68
Hématoline 68
Hématoporphyrine. 68
Hémautographie. 673,680

Pages.
Acide inosique. 54
— lactique. 54
— — (Origine de l') 535
— libre du suc gastrique. . . 159,1100
— margarique. 54
— oléique. 54
— oxalique. 54,121
— — (Origine de l'). 535
— oxalurique 54
— palmitique 54
— paralactique 54
— peptique. 389
— phénique 55
— phosphoglycérique. 55,531
— pneumique 55
— propionique 55
— sarcolactique 55
— stéarique 55
— succinique 55
— sulfocyanhydrique. 55
— taurocholique. 56
— taurylique 56
— urique. 56,120
— — (Dosage de l') 118
— — (Origine de l') 525
Acides. 194
— aromatiques (Origine des). . . 535
— biliaires 51,130
— — (Origine des). 521
— gras volatils (Origine des) . . . 534
— inorganiques 45
— organiques. 46,48
— végétaux dans l'alimentation. . 367
Aconitine 1082
Actes instinctifs. 316
— intimes de la nutrition. 322
— psychiques 317
Action des muscles de l'œil. . . . 838
— psychique de la moelle 987
— réflexe 309
— — de la moelle 982
Actions nerveuses d'arrêt. 320
Activité cérébrale, son influence sur l'urine. 123
Acuité de la vue 773
Adaptation (voir : *Accommodation*).
Adolescence. 1053
Aérotonomètre. 438
Æsthésiomètre. 877
— de Liégeois 888
Æsthésiométrique (Aiguille) . . . 875
Affinité élective des cellules . . . 216
Age de bronze. 1097
— de fer. 1097
— de la pierre brute 1096
— de la pierre polie 1097

Pages.
Age, son influence sur la température du corps . . . . [illegible]
— Son influence sur la voix . . . [illegible]
— — articulée. . . . . [illegible]
— — le lait . . . . [illegible]
— — l'élimination de l'acide carbonique. . . . . [illegible]
— — le sang. . . . . [illegible]
— — les mouvements respiratoires [illegible]
— — sur l'urine. . . . . [illegible]
— viril . . . . [illegible]
Agglutination des sons articulés. . [illegible]
Agonie. . . . . [illegible]
Aiguille æsthésiométrique . . . . [illegible]
Air complémentaire . . . . [illegible]
— expiré . . . . [illegible]
— — (Composition de l'). . . . . [illegible]
— — (Température de l'). . . . . [illegible]
— — (Volume de l') . . . . [illegible]
— inspiré . . . . [illegible]
— — (Composition de l') . . . . . [illegible]
— — (État hygrométrique de l'). . [illegible]
— — (Pression de l'). . . . . . . [illegible]
— — (Température de l') . . . . . [illegible]
Albuminate basique . . . . [illegible]
Albumine acide . . . . [illegible]
— coagulée (Digestion de l') . . . [illegible]
— crue (Digestion de l') . . . . . [illegible]
— de l'œuf. . . . . [illegible]
— du sérum . . . . [illegible]
Albuminoïdes. . . . . [illegible]
— (Action de la bile sur les) . . . [illegible]
— (Action du suc gastrique sur les) [illegible]
— (Action du suc intestinal sur les) [illegible]
— (Action du suc pancréatique sur les) . . . . [illegible]
— (Caractères des). . . . . [illegible]
— (Classification des) . . . . . . [illegible]
— de l'alimentation . . . . [illegible]
— de l'organisme . . . . [illegible]
— (Digestion des) . . . . [illegible]
— (Réactions des) . . . . [illegible]
Albuminose . . . . [illegible]
— de cuisson. . . . . [illegible]
Alcalis. . . . . [illegible]
Alcaloïdes. . . . . [illegible]
— dans l'alimentation . . . . . . [illegible]
Alcaptone. . . . . [illegible]
Alcool . . . . [illegible]
— dans l'alimentation . . . . . . [illegible]
— méthylique . . . . [illegible]
— amylique. . . . . [illegible]
Alcools. . . . . [illegible]
Aldéhyde . . . . [illegible]
Aldéhydes. . . . . [illegible]
Alimentaires (Substances) . . . . [illegible]

Pages.
Alimentation exagérée. 510
— insuffisante 505
— mixte. 503
— Son influence sur le lait. . . . 140
— sur l'élimination d'acide carbonique. 445
— — sur le sang. 105
— — sur l'urine 122
Aliments. 356
— accessoires 366
— albuminoïdes 366
— d'épargne. 537
— gras. 366
— hydrocarbonés. 364
— minéraux. 360
— (Préhension des). 622
— (Réaction des). 378
— simples 357
— (Température des). 378
Allantoïne 60
Alphabet phonétique. 614
Altérations phonétiques 611
Ame. 8
Amétrope (Œil) 778
Amétropie. 777
Amibes 208
Amides 197
Amidon 364
— (Action de la bile sur l') 395
— (Action de la salive sur l'). . . 379
— (Action du suc pancréatique sur l') 392
— animal 365
— (Digestion de l'). 407
Ammoniaque 60
— (Origine de l'). 533
Amphothère (Réaction). 136
Amplitude d'une vibration 580
Amylalcool 1076
Amylène. 1076
Amyloïde (Matière) 60
Analyse de la bile 131
— de la lymphe 111
— de l'urine 118
— du lait 137
— du sang. 100
— spectrale physiologique 822
— théorique des sensations tactiles 883
Anapnographe 428
Anches composées 585
— membraneuses 585
— rigides 586
Anatomie de la grenouille xxx
Anélectrotonus 1069
Anesthésie localisée 882
Anesthésiques. 1073, 1076
Angiographe de Landois. 668
Angle ascensionnel. 835
— auditif 736
— de déplacement latéral. 835
— — vertical. 835
— de rotation de l'œil 836
— de torsion de l'œil. 836
— visuel. 772
Anhydrisation 359
Animaux à sang chaud 707
— — froid. 707
— à température constante. . . . 707
— — variable 707
— (Caractères des). 26
Anthropomorphes 34
Antiarine 1082
Aphakie 793
Apnée. 576
Apomorphine 1078
Appareil à flammes manométriques. 601
— d'Andral et Gavarret 419
— de Du Bois Reymond xxiv
— de Ludwig et Dogiel. 693
— de J. Müller. 740
— de Müller. 419
— de Pettenkofer 419
— de Regnault et Reiset 416
— lacrymal 862
Appareils xii
Apposition. 18
Arrachement du moteur oculaire commun. 903
— du spinal 948
Arrêt (Actions nerveuses d') . . . 320
Articulés (Sons) 597
Art musical 741
Asphyxie 576
Assimilation. 26, 332, 514
Astigmatique (Lentille). 783
Astigmatisme irrégulier 780
— régulier. 780, 781
Astigmomètre 783
Atomes 1
Atomique (Hypothèse) 1, 2
Atropine. 1080
Auditif (Nerf) 929
Audition. 732
Auditives (Sensations) 742
Aura seminalis 350
Auriculaire (Rameau) 947
Automatiques (Mouvements) . . . 315
Automatisme du cœur 661
— spontané des cellules nerveuses. 302
Axe auditif 736
— de rotation de l'œil 833

Pages.

Légumes herbacés 376
Légumine (Digestion de la). . . . 385
Légumineuses. 375
Lenteur du pouls 673
Lettres. 614
Leucine. 71
— (Origine de la). 530
Leucocytes. 89
Levier-clef de Du Bois Reymond. xxiv
Leviers 542
Ligature de l'artère rénale. . . . 454
— de la veine rénale. 454
— des conduits pancréatiques . . 164
— des uretères. 454
— d'une anse intestinale. 166
Ligne auditive. 736
— d'accommodation. 791
— de base. 834
— de direction de la vision. . . . 771
— de pression 638
— de visée. 772
— visuelle. 834
Lignes visuelles (Convergence des). 845
Liqueur des Hollandais 1076
Liqueurs. 377
Liquide allantoïdien 115
— amniotique 115
— cérébro-spinal. 115
— des glandes buccales. 150
— des glandes de Cowper. 144
— des vésicules séminales. 144
— du canal déférent 144
— prostatique 144
Liquides du corps humain. . . . 80
Localisation des perceptions visuelles. 851
— des sensations tactiles. 880

Pages.

Locomotion 551
Loi d'alternative de Volta 1071
— de Fechner 1019
— de Listing. 836
— de Pflüger. 312
— de Waller. . . . . [illegible]
— des réflexes. 312
— psycho-physique. 1019
Lois de Grimm. 613
— de Pflüger. 1070
— des courants musculaires et nerveux. 727
— du mouvement 16
Longueur focale. 764
Lueur oculaire. . . . . [illegible]
Lumière. 738
— inductrice. . . . . [illegible]
— (Intensité de la). . . . . [illegible]
— modificatrice . . . . [illegible]
— primaire. . . . . [illegible]
— propre de la rétine . . . . . . [illegible]
— réagissante . . . . [illegible]
Lutéine. 71
Lutte pour l'existence . . . . . . [illegible]
Lymphatique (Circulation). . . . 701
Lymphe. 82,105
— (Analyse de la) 111
— (Caractères organoleptiques de la). 110
— (Coagulation de la) 110
— (Gaz de la) 110
— (Globules de la). 109
— (Plasma de la). 109
— (Pression de la) 703
— (Quantité de la). 110
— (Variations de la) 112
— (Vitesse de la). 703

M

Magnésie 363
Manége (Mouvements de). 1003
Manomètre à pulsations. 666
— compensateur. 684
— différentiel 684
Marche 551
— (Vitesse de la). 555
Margarine. 71
Masse gazeuse des poumons . 425,431
Mastication 622
Matière 1,2,4,5
Matière sébacée 142
Maxillaire inférieur (Nerf) 914
— supérieur (Nerf). 911
Mécanique de la circulation . . . 635
— de la digestion . . . . [illegible]
— musculaire . . . . [illegible]
— respiratoire . . . . [illegible]
Mécanisme accidentel . . . . . . [illegible]
— de l'accommodation. . . . . [illegible]
— du passage des larmes dans les voies lacrymales. . . . . . . [illegible]

Pages.
Cardiographe simple 648
Cardiographie 646
Cardiomètre de Cl. Bernard . . . 684
Carnine 61
Carnivores (Urine des) 124
Caséine 61,136
— (Digestion de la) 385
— végétale (Digestion de la) . . . 385
Castrats (Voix des) 597
Cathéter pulmonaire 498
Cellulaire (Contenu) 214
— (Évolution) 219
— (Excrétion) 217
— (Irritabilité) 217
— (Nutrition) 216
— (Physiologie) 204
— (Sécrétion) 217
— (Territoire) 218
— (Théorie) 224
— (Multiplication) 219
Cellule 204,211,214
— (Membrane de) 212
— nerveuse motrice 290
— nerveuse sensitive 290
— (Noyau de) 214
Cellules 214
— (Durée des) 223
— (Formation libre des) 219
— (Génération endogène des) . . 220
— (Génération par bourgeonnement des) 221
— (Génération par scission des) . 221
— (Génération protoplasmique des) 219
— (Mort des) 223
— (Mouvement des) 218
— nerveuses 300
— (Transformation chimique des) . 223
Cellulose 365
Centre accélérateur du cœur . . . 955
— ano-spinal 986
— cilio-spinal 985
— convulsif 998
— d'arrêt du cœur 956
— de gravité du corps 547
— de la phonation 994
— de rotation de l'œil 833
— des mouvements de déglutition 994
— — de la mâchoire inférieure . . 995
— — de la vessie 987
— — des membres 986
— diabétique 994
— du dilatateur de la pupille . . . 994
— du langage articulé 1013
— expirateur 993

Pages.
Centre génito-spinal 986
— glycogénique 994
— inspirateur 993
— moteur des muscles de la face . 995
— respiratoire 985,993
— salivaire 995
Centres de tonicité musculaire . . 987
— moteurs de la substance corticale 1014
— nerveux (Chimie des) 175
— (Physiologie des) 977
— vaso-moteurs 987
Cercle chromatique 823
Cercles de diffusion 775
— de sensation 834
Céréales 875
Cérébrine 61
Cérébro-spinal (Liquide) 115
Cérébrote 62
Cérumen 142
Cervelet (Physiologie du) 1004
Chair musculaire (Digestion de la) 386
Chaleur animale 703
— (Déperdition de) 710
Champ auditif 735
— tactile 881
— visuel 840
— — monoculaire 840
Chaos lumineux 800
Chatouillement 871
Chaussure exploratrice 551
Chaux (Sels de) 362
Cheveux 171
Chimie 16
— physiologique xii,43
Chloral 1075
Chloramyle 1077
Chloroforme 1073
Chlorophylle 26
Chlorure de méthyle 1076
— — monochloré 1076
— — tétrachloré 1076
— de sodium, comme aliment . . 360
— d'éthyle 1076
— d'éthylène 1076
Chlorures 363
Choc du cœur 657
Cholestérine 62,131
— (Origine de la) 536
Cholétéline 62
Choline 62
Chondrigène (Substance) 62
Chondrine 62
Chondroglycose 62
Chromatique (Cercle) 823
— (Toupie) 819

O

Pages.
Octave. 744
Odeur du sang. 96
Odeurs. 864
Odorants (Corps). 864
Odorat. 864
— (Usages de l'). 868
Odoroscopie. 865
Œil (Action des muscles de l'). . . 838
— (Axe de rotation de l') 833
— (Centre de rotation de l'). . . . 833
— idéal 766
— (Mouvements de l') . . 833,835,903
— (Rayons de courbure de l') . . . 767
— réduit. 768
— schématique. 766
Œuf holoblaste. 348
— méroblaste 348
Oïkoïde 86
Oléine. 72
Olfactif (Nerf) 902
Olfactifs (Excitation des nerfs) . . 866
Olfaction 864
Olfactives (Sensations) 867
Onde de contraction 269
Ophthalmique de Willis (Nerf) . . 906
— (Ganglion) 911
Ophthalmomètre. 768
Ophthalmoscopie 788
Ophthalmotonomètres 861
Opium. 1077
Optique (Nerf). 902
Optomètre binoculaire 783

Pages.
Optomètre de Perrin et Mascart. . 792
— de Stampfer. 791
Optométrie 791
Ordonnées (Ligne des) XIII
Oreillettes (Mouvements des) . . . 653
Organes (Chimie des). 175
— lymphoïdes 495
— nerveux périphériques. 287,290,307
Organiques (Acides) 46
— (Bases) 48
— (Composés) 46
— (Sels). 49
Organisation. 19
Organisée (Substance) 24
Organisés (Corps) 19
Organisme (Physiologie de l'). . . 1014
Origine de l'espèce humaine . . . 1095
— des espèces 1087
— du langage 618
Os. 169
— (Digestion des) 387
Oscillation 578
Osmographe. 234
Osmopneumètre 234,235
Osséine 72
Ovulation 1033
Ovule. 347
Oxydation dans l'organisme vivant 179
Oxyde de carbone 1084
Oxygène 76,77,95,1065
Oxyhémoglobine. 64

P

Palmitine. 72
Palpation 853
Pancréas (Chimie du). 178
— (Destruction du). 164
— (Extirpation du). 164
Pancréatine 166
Pancréatique (Suc). 161
Papavérine 1075
Papille du nerf optique 800
Paradoxe de contraction 297
Paraglobuline. 72
Paralbumine. 72

Parapeptone. 72,383
Parélectronomique du muscle (Partie) 728
Parole. 607
— (*Caractères physiques de la*) . . 618
Parthénogénèse 360
— *histologique*. 362
Partie parélectronomique du muscle. 728
Parties périphériques de la rétine. 805
Pas 663
— (*Durée du*) 666

Pages.
Pression lymphatique 703
— sanguine 680
— (Sensations de) 871,873,875
Primates. 33
Principal (Foyer) 762
— (Plan). 762
— (Point) 762
Principes constituants du corps humain 43
— d'acoustique. 578
— physiologiques de l'harmonie. . 752
Production de chaleur 703,712
— d'électricité. 721
— des sons articulés 598,615
— du son 584,585
Produits de désassimilation azotés. 520
— — non azotés. 534
Prolégomènes 1
Propagation des vibrations sonores 582

Pages.
Prostatique (Liquide). 144
Protagon 73
Protéine. 73
Protistes. 26
Protoplasma. 205
Protoxyde d'azote 1077
Protozoaires. 26
Protubérance (Physiologie de la). 997
Pseudoscope. 858
Psychique (Action) de la moelle.. 987
Psychiques (Actes). 317
Psychologie physiologique. . . . 1016
Ptyaline. 152
Puberté. 1035
Punctum cœcum. 800
— *proximum*. 790
— *remotum*. 779,790
Pupille.. 775,796,904
Pyine. 73

Q

Quadrumanes 34
Quantité de chaleur dégagée par l'organisme 711
— de lymphe 110
— de salive 151
Quantité de sang du cœur 662
— — du corps 100
— — (Procédés d'évaluation de la) 100
Quinine. 1082

R

Race; son influence sur l'articulation des sons. 612
Races humaines 1091
— (Tableau des races) 1093
Rachidiennes (Racines). 899
Rachidiens (Nerfs) 899,901
Racines rachidiennes. 899
— — antérieures. 900
— — (Mise à nu des) 898
— — postérieures 899
Rare (Pouls). 672
Rate (Chimie de la). 177,178
— (Contractilité de la) 497
— (Extirpation de la) 498
— (Physiologie de la). 496
Ration d'entretien 358
Réactif de Barreswill. 66
— de Bogomoloff. 51
— de Gmelin. 61
Réactif de Landolt. 73
— de Lücke 54
— de Millon. 59
— de Moore 66
— de Nessler. 60
— de Pettenkofer 51
— de Piria. 74
— de Piotrowsky. 59
— de Salkowsky. 73
— de Schérer. 70,71
— de Strassburg 52
— d'Hoffmann. 74
Réaction des aliments 378
— xantho-protéique 59
Réactions chimiques dans l'organisme vivant. 179
Récurrente (Sensibilité) 900
Réductions dans l'organisme vivant 184
Réflexe (Action) 309

P. ges.

e physiologique du). . . 106
'usion du) 103
x. 104,105
. . . . 574
'. 1033
. . . . 73,531
. . . . 73
u d'une couleur. 820
'ouleur) 820
e l'appareil auditif . . . 733
ganisme 32
ler. 644
c du cœur 658
nfance. 1062
musculaire. 268
. . . . 245
. . . . 461
ueur 461
gastrique. 476
intestinal. 479
pancréatique. 478
ale 463
. . . . 469
. . . . 453
canisme de la) 458
re. 472
. . . . 471
itique. 471
'e. 453
s. 245,453
ents 145
neuses. 143
tères chimiques des). . . 247
tères physiques des). . . 247
ires 217
ur des) 247
ves. 145
ientitielles 251
iento-récrémentitielles . 251
tives 116
euses 135
iisme des). 249
ologiques. 217
squammation glandulaire 246
ration. 215
lité des). 248
ientitielles 251
s. 315
les). 253
. . . . 116
ition du vitellus. 351
goté. 1083
naturelle. 1089
le. 1090
lization 350
ganiques 45

Pages.

Sels inorganiques (Digestion des). 407
— organiques 49
Sens musculaire 891,1007
Sensations 308,809,732,1019
— auditives 742
— — consécutives 748
— — simultanées. 752
— de contact. 874
— de couleur 814
— — (Caractères des) 820
— de froid. 887
— de pression 871,873,875
— de température 887
— — (Caractères des) 888
— de traction 871,876
— (Extériorité des). 1021
— externes 309
— (Intensité des). 1019
— internes. 309,891
— — fonctionnelles 896
— musculaires. 891
— — spéciales. 893
— (Objectivité des). 1021
— olfactives 867
— (Physiologie des) 732
— tactiles 870,873
— — (Analyse des). 883
— — (Caractères des) 880
— — composées 877
— — consécutives 880
— — des muqueuses 876
— — (Excitants des) 870
— — (Extériorité des) 880
— — (Localisation des) 880
— — simultanées. 877
— — successives. 879
— thermiques 887
— visuelles 799
— voluptueuses 896
Sensibilité de l'oreille 749
— musculaire 891
— récurrente 900
— suppléée 293
— tactile 873
— thermique. 887
Sérine de Denis 73
— de la soie 533
Seringue aspiratrice. 146
Séroline. 73
Sérosité du péricarde. 115
Sérosités 115
Sérum lymphatique 109
— musculaire 172
— sanguin. 91
Sérum-caséine. 73
Sexe 1055

Pages.	
Sexe, son influence sur la voix	596
— — le sang	105
— — l'urine	122
Sexualité	1055
Soif	896
Solidité des corps	856
Sommeil	1031
Son fondamental	581
- musculaire	276
— propre de l'oreille	734
— vocal	577
Sons additionnels	582
— différentiels	582
- musicaux	743
— par influence	583
— partiels	581
— résultants	582
Soprano	592
Soupir	574
Sourcils	862
Spécialisation des organismes	31
Spectre typique	821
Spectres d'absorption de l'hématine	69
— — de l'hémoglobine	69
Spermatine	73
Spermatique (Sécrétion)	141
Spermatozoïdes	143, 318, 1032
Sperme	143
— éjaculé	143
— pur	143
Sphygmographe à gaz de Landois	670
— à miroir de Czermack	669
— de Béhier	668
— de Longuet	668
— de Marey	667
— de Meurisse	669
— de Vierordt	666
— électrique	670
Sphygmographie	666
Sphygmomètre d'Hérisson	666
Sphygmoscope	687
Spinal	948
Spiromètre de Boudin	428
— de Schnepf	428
— d'Hutchinson	427
Spontanéité des cellules psychiques	319
— vitale	218
Station	546
— hanchée	550
— insymétrique	550
— symétrique	550
Statique de la nutrition	500
Stéarine	74
Stercorine	74
Stéréoscope de Brewster	857

Pages.	
Stéréoscope de Wheatstone	[illegible]
Stéréoscopie	[illegible]
Stéréoscopique (Lustre)	[illegible]
Stéthographe double de Riegel	[illegible]
Stéthomètre de Burdon-Sanderson	[illegible]
— de Quain	[illegible]
Strabisme	[illegible]
Stroboscopiques (Disques)	[illegible]
Stroma des globules rouges	[illegible]
Strychnine	[illegible]
Substance organisée	[illegible]
Substances alimentaires	[illegible]
— — animales	[illegible]
— — (Digestion des)	[illegible]
— — végétales	[illegible]
Succion	[illegible]
Suc de l'intestin grêle	[illegible]
— du gros intestin	[illegible]
— entérique	[illegible]
— gastrique	[illegible]
— — acide	[illegible]
— — artificiel	[illegible]
— — (Composition du)	[illegible]
— — (Mode d'action du)	[illegible]
— — peptique	[illegible]
— — (Quantité de)	[illegible]
— — (Rôle de l'acide du)	[illegible]
— — (Rôle physiologique du)	[illegible]
— — Son action sur les albuminoïdes	[illegible]
— intestinal	[illegible]
— — Son action sur les albuminoïdes	[illegible]
— — — aliments	[illegible]
— — — graisses	[illegible]
— — — hydrocarbonés	[illegible]
— intra-cellulaire	[illegible]
— pancréatique	[illegible]
— — artificiel	[illegible]
— — (Composition chimique du)	[illegible]
— — des fistules permanentes	[illegible]
— — des fistules temporaires	[illegible]
— — (Ferments du)	[illegible]
— — (Quantité de)	[illegible]
— — (Sécrétion du)	[illegible]
— — Son action sur l'amidon	[illegible]
— — Son action sur les albuminoïdes	[illegible]
— — Son action sur les graisses	[illegible]
Sucre	[illegible]
— dans le sang	[illegible]
— de canne	[illegible]
— — (Digestion du)	[illegible]
— de gélatine	[illegible]
— de lait	137, [illegible]
— du foie	[illegible]

Pages.
Sueur 125
Sulfates de l'alimentation. 363
de l'organisme (Origine des). . 537
Sulfocyanure de potassium. . . . 74
Sulfure de carbone 1075
Surface respiratoire 440
Sympathique (Nerf grand) 974
Synelcomètre 234

Pages.
Synovie. 145
Synthèses dans l'organisme vivant 181
Syntonine. 74
Digestion de la) 385
Système dioptrique centré 763
de l'œil 766
Systole auriculaire. 653
— ventriculaire 655

T

Tableau des races humaines . . . 1093
Tache jaune. 804
Tactiles (Sensations) 870,873
Tambour du polygraphe de Marey XVI
— pour recueillir les mouvements du thorax 559
Tapetum. 789
Tapis 789
Taurine 74
— (Origine de la) 522,533
Télestéréoscope 858
Tempérament égal. 747
Température des aliments 378
— du cerveau 1015
— du corps humain 707
— extérieure (Influence de la) . . 1063
Ténor. 592
Tension de la membrane du tympan 737
— dynamique 684
— musculaire 257
— sanguine (voir: *Pression*).
Tenue du son 595
Territoire cellulaire 218
Tétano-moteur. 296
Tétanos de Ritter 1071
Thaumatrope 811
Thébaïne 1078
Théorie animiste de la vie 25
— de Bowmann 458
— de Du Bois Reymond 731
— de Küss. 459
— de la contraction musculaire. . 277
— de la projection. 846,848
— de la vision binoculaire 846
— de l'épargne 486
— de l'épuisement. 940
— de l'interjection. 620
— de l'onomatopée. 620
— de Ludwig 458
— des nerfs d'arrêt. 940
— des points identiques 846
Théorie d'Hermann 732
— empiristique 848
— mécanique de la vie. 25
— nativistique. 843
— vitaliste. 25
Théories de la génération. 353
— de la respiration 450
— des courants nerveux et musculaire. 730
— des images consécutives colorées 829
Thermo-électriques (Aiguilles). . 704
— (Appareils) 703
Thermomètres XIII,703
Thermométrie. 703
Thoracomètre de Sibson 562
de Wintrich 562
Thymus (Chimie du) 179
(Physiologie du) 496
Timbre clair 595
— de la voix. 595
— des voyelles. 602
— du son 747
— sombre 595
Tissu connectif. 170,225
— musculaire lisse. 174,242
— — strié. 172,252
— nerveux 174,285
Tissus (Chimie des). 163
— connectifs. 225
— — (Digestion des) 387
— cornés. 171
— (Physiologie des) 224
Ton. 746
— d'une couleur. 820
— majeur 745
— mineur 745
Tonicité musculaire 257
Tonique. 745
Toucher. 870
Toupie chromatique 819
Tourbillon vital de Cuvier 18
Toux 574

Pages.
Toxicologie physiologique 1073
Traction (Sensations de) . . . 871,876
Transcription figurée des sons articulés 614
Transformation chimique des cellules 223
Transformisme 1088
Transfusion du sang 108
Transmission dans le bulbe. . . . 992
— dans la moelle 979
— dans la protubérance 997
— de la secousse musculaire . . . 269
— des vibrations sonores. . 734,736,741
— nerveuse 296
— — (Vitesse de la). 299
Transpirabilité. 611
Transpiration de Graham 640
Transplantation organique. . . . 310
Transsudation interstitielle. . . . 329
Transsudations 115

Pages.
Transsudations glandulaires. . . . [illegible]
Travail mécanique de l'homme. . [illegible]
— — du cœur . . . . [illegible]
— — d'un muscle . . . . [illegible]
— — (Production de). . . . 538,712
— musculaire . . . . [illegible]
Trichlorhydrine 1077
Trijumeau (Nerf). . . . . [illegible]
Triméthylamine 74
Trioléine (voir : *Oléine*).
Tripalmitine (voir : *Palmitine*).
Tristéarine (voir : *Stéarine*).
Trophiques (Nerfs). . . . . . . [illegible]
Tube de Hales . . . . [illegible]
Tubercules quadrijumeaux (Physiologie des). 1040
Tubes nerveux. . . . . [illegible]
Types respiratoires. . . . . . . [illegible]
Tyrosine. 74
— (Origine de la) . . . . [illegible]

U

Unicisme 14
Urée. 75,120
— (Dosage de l'). 118
— (Origine de l'). 523
Uréides 199
Urémie 454
Urinaire (Fermentation) 119
Urine 116
— (Altérations spontanées de l'). . 119
— (Analyse de l'). 118
— (Caractères chimiques de l') . . 116
— (Composition de l'). 119
— des carnivores. 124
— des herbivores. 124
— (Gaz de l'). 117
Urine (Influence des divers états de l'organisme sur l'). . . . [illegible]
— (Matières colorantes de l') [illegible]
— (Principes azotés de l'). . . . . [illegible]
— (Principes non azotés de l'). . [illegible]
— (Rôle physiologique de l') . [illegible]
— (Substances inorganiques de l'). [illegible]
— (Variation de composition de l') [illegible]
Urobiline. . . . . [illegible]
— (Origine de l') . . . . . [illegible]
Urochrome. . . . . [illegible]
Uroérythrine . . . . [illegible]
Uroglaucine . . . . [illegible]
Urrhodine. . . . . [illegible]

V

Vacuoles. 211
Variabilité des espèces 1089
Variation négative des nerfs . 294,729
Vaso-constricteurs (Nerfs). 960
Vaso-dilatateurs (Nerfs). 967
Vaso-moteurs (Nerfs). 960
Végétaux (Caractères des). 26
Ventilation pulmonaire. . . . 421,562
Ventricules (Mouvements des). . . 655
Ventriloquie. 611
Vératrine . . . . [illegible]
Vernix caseosa. . . . . . [illegible]
Vésicule embryogène . [illegible]
Vésicules séminales (Liquide des) [illegible]
Viande bouillie. . . . . [illegible]
— (Extrait de). . . . . [illegible]
— fumée. . . . . [illegible]
— rôtie . . . . [illegible]
— salée . . . . [illegible]
Vibration. . . . . [illegible]



Pages.
Vibration pendulaire. 579.580
— sinusoïdale 580
— sonore 578
Vibrations composées 580
— simples 580
— sonores (Propagation des). . . . 582
Vie (Caractères essentiels de la). . 23
— (Définition de la). 23.24
— (Théorie animiste de la) 25
— (Théorie mécanique de la) . . . 25
Vieillesse 1054
Vision. 757
— binoculaire. 841.905
— — des couleurs 846
— droite. 849
— simple avec les deux yeux. . . 841
Vitalité dormante 21
Vitelline. 75
— (Membrane). 347
Vitellus 347
Vitesse de la circulation 697
— de la lymphe 708
— de la transmission nerveuse 299.1100
— des processus psychiques. . . . 1029
— du pouls. 673

Pages.
Vitesse du sang. 691
— moyenne d'un liquide 688
Vivisections IX
Voix. 577
— (Agilité de la). 596
— articulée 597
— blanche 595
— (Caractères de la) 590
— de fausset. 593
— de poitrine 593
— des castrats 597
— de tête 593,594
— (Étendue de la) 591
— (Hauteur de la) 591
— (Intensité de la). 590
— mixte. 593
— (Production de la). 587
— sombrée 595
— (Souplesse de la). 596
— (Timbre de la). 595
Volonté 1028
Vomissement. 628
Voyelles. 599,602.609
— (Production artificielle des). . . 602
— (Timbre des). 602

X

Xanthine. 75,531

Z

Zézayement. 611
Zoamyline. 76
Zone épileptogène 988
Zooïde. 86
Zoonites. 353
Zymases. 185

TABLE DES FIGURES

			Pages.
Fig.	I.	Courbes de la contraction musculaire prises avec deux vitesses différentes	XV
—	II.	Tambour du polygraphe de Marey	XVI
—	III.	Cylindre enregistreur	XVIII
—	IV.	Courbes de la contraction musculaire disposées en imbrication latérale	XX
—	V.	Étuve avec son régulateur à mercure	XXI
—	VI.	Régulateur par dilatation de l'air	XXII
—	VII.	Régulateur de Schlœsing	XXIII
—	VIII.	Pinces de Pulvermacher	XXIII
—	IX.	Appareil à chariot de Du Bois Reymond	XXIV
—	X.	Levier-clef de Du Bois Reymond	XXV
—	XI.	Commutateur de Ruhmkorff	XXV
—	XII.	Squelette de grenouille; face dorsale	XXXI
—	XIII.	Squelette de grenouille; face antérieure	XXXIII
—	XIV.	Appareil musculaire de la grenouille; face dorsale	XXXV
—	XV.	Appareil musculaire de la grenouille; face antérieure	XXXVII
—	XVI.	Système vasculaire de la grenouille. (Cl. Bernard.).	XXXIX
—	XVII.	Système nerveux de la grenouille grossi (en partie d'après Ecker)	XLI
Fig.	1.	Schéma de l'organisme	32
—	2.	Squelette de l'homme et des singes anthropomorphes, d'après Huxley	35
—	3.	Crânes comparés d'Australien, de chrysothrix et de gorille, d'après Huxley	37
—	4.	Acide hippurique	53
—	5.	Oxalate de chaux	55
—	6.	Acide urique précipité par l'acide acétique	56
—	7.	Cristaux d'hémine	67
—	8.	Spectres d'absorption de l'hémoglobine et de l'hématine	[illegible]
—	9.	Cristaux de leucine et de tyrosine	71
—	10.	Urée	[illegible]
—	11.	Schéma de l'organisme	81
—	12.	Schéma de l'appareil vasculaire	82
—	13.	Globules du sang	85
—	14.	Globules du sang de grenouille	86
—	15.	Globules du sang de l'embryon humain	88

Pages.
Fig. 16. Pompe à mercure pour l'extraction des gaz du sang . . . 93
— 17. Seringue pour extraire le sang 95
— 18. Appareil pour recueillir le chyle sur le bœuf. 113
— 19. Phosphate ammoniaco-magnésien. 120
— 20. Seringue aspiratrice 146
— 21. Appareil pour recueillir la salive 147
— 22. Nerfs de la glande sous-maxillaire du chien 148
— 23. Fistule stomacale chez l'homme 155
— 24. Canule à fistule gastrique 156
— 25. Fistule gastrique 157
— 26. Fistule gastrique incisée 157
— 27. Conduit pancréatique du chien 161
— 28. Chien de berger porteur d'une fistule pancréatique (femelle adulte). 162
— 29. Taureau porteur d'une fistule pancréatique 163
— 30. Anse d'intestin disposée pour recueillir le suc entérique . . 167
— 31. Cellules 204
— 32. Globules 205
— 33. Plasmodie de myxomycètes. 207
— 34. Amibe 208
— 35. Cellules de cartilage. 212
— 36. Cellules pigmentaires d'Axolotl 215
— 37. Génération endogène. 220
— 38. Génération par bourgeonnement. 222
— 39. Tissu élastique embryonnaire. (Ch. Robin.). 227
— 40. Endosmomètre 233
— 41. Épithéliums. 236
— 42. Épithéliums pavimenteux. 237
— 43. Cellules vibratiles 238
— 44. Cellules glandulaires. 238
— 45. Formation des glandes. 239
— 46. Fibre musculaire striée 253
— 47. Schéma de la fibre striée. 254
— 48. Myographe d'Helmholtz 263
— 49. Myographe de Marey. 264
— 50. Myographe de Cyon 265
— 51. Appareil pour mesurer la vitesse de l'onde musculaire. . . 267
— 52. Analyse de la courbe du raccourcissement musculaire. . . 268
— 53. Graphique de la propagation de l'onde musculaire 270
— 54. Graphique musculaire du tétanos 271
— 55. Fibre musculaire lisse 282
— 56. Graphiques de la contraction musculaire lisse. 284
— 57. Graphiques de la contraction musculaire lisse. 284
— 58. Globule nerveux. 286
— 59. Perfectionnements successifs de l'action nerveuse 288
— 60. Loi de Waller. 293
— 61. Paradoxe de contraction 297
— 62. Transmission nerveuse. 297
— 63. Réunion d'un nerf sensitif et d'un nerf moteur 298

Pages.
Fig. 64. Transmission nerveuse consciente 305
— 65. Arc nerveux simple 309
— 66. Arc réflexe double. 310
— 67. Loi des réflexes. 312
— 68. Superposition des centres réflexes. 314
— 69. Sécrétion réflexe. 316
— 70. Épithélium simple et stratifié 324
— 71. Ovule 347
— 72. Spermatozoïdes 348
— 73. Voies de l'absorption digestive 413
— 74. Appareil de Regnault et Reiset 417
— 75. Appareil de W. Müller. 419
— 76. Schéma du cône pulmonaire 421
— 77. Spiromètre d'Hutchinson. 427
— 78. Spiromètre d'Hutchinson 427
— 79. Spiromètre de Schnepf. 428
— 80. Anapnographe de Bergeon et Kastus. 429
— 81. Graphique respiratoire (femme) 434
— 82. Enregistrement direct des mouvements de l'air respiré (Bert.) 435
— 83. Graphique respiratoire (lapin). 435
— 84. Nerfs de la glande sous-maxillaire. 475
— 85. Positions d'un os mobile par rapport à un os fixe. 541
— 86. Forces qui entrent en jeu dans la marche. 552
— 87. Positions successives des deux jambes pendant la durée de la marche 553
— 88. Graphique de la marche. (Marey.). 555
— 89. Graphique de la course (course peu rapide: Marey) 557
— 90. Tambour pour recueillir les mouvements du thorax. 559
— 91. Tambour monté sur un compas. 559
— 92. Pneumographe modifié de Bert 561
— 93. Graphique de la respiration (homme) obtenu par le pneumographe. (Marey.) 561
— 94. Rapport des poumons et de la cavité thoracique. (Funke.) . 563
— 95. Graphique de la contraction pulmonaire chez le chien. (Bert.) 565
— 96. Graphique de la contraction pulmonaire chez le lézard.(Bert.) 565
— 97. Glotte dans l'inspiration modérée. (Mandl.). 567
— 98. Glotte dans une inspiration profonde. (Mandl.) 567
— 99. Appareil pour enregistrer les changements de la pression intra-abdominale. (Bert.). 568
— 100. Graphique respiratoire (lapin). 569
— 101. Graphique respiratoire (femme) 569
— 102. Graphique respiratoire (homme) d'après Marey 570
— 103. Diagramme des divers modes de respiration. (Hutchinson.) 573
— 104. Graphique du rire. 575
— 105. Vibration pendulaire. 579
— 106. Interférence de deux ondes sonores 581
— 107. Correspondance de deux ondes sonores. 581
— 108. Résonnateur d'Helmholtz. 583

Pages.
Fig. 109. Action des muscles du larynx. (Beaunis et Bouchard.). . . 588
— 110. Disposition préalable pour l'émission d'un son. (Mandl.) . . 589
— 111. Occlusion de la partie ligamenteuse de la glotte. (Mandl.). . 589
— 112. Rétrécissement de la glotte. (Mandl.) 590
— 113. Voix de poitrine; sons graves. (Mandl.) 593
— 114. Voix de poitrine; médium. (Mandl.). 593
— 115. Voix de poitrine; sons aigus. (Mandl.) 594
— 116. Voix de tête: sons graves. (Mandl.) 594
— 117. Méthode des flammes manométriques de Kœnig. 600
— 118. Appareil à flammes manométriques de Kœnig 601
— 119. Timbre des voyelles A, O, OU, rendu visible par les flammes manométriques. (Kœnig.). 602
— 120. OU. 604
— 121. I. 604
— 122. A 604
— 123. Graphique de la parole à haute voix. 605
— 124. P. 608
— 125. T 608
— 126. K 608
— 127. F 608
— 128. R 608
— 129. N 608
— 130. Mouvements de l'estomac. 628
— 131. Schéma de la miction. (Küss.). 634
— 132. Schéma de l'appareil vasculaire. 635
— 133. Écoulement dans un tuyau rectiligne et de section uniforme. (Wundt.). 637
— 134. Écoulement dans un tuyau rectiligne de diamètre variable. (Wundt.). 639
— 135. Écoulement d'un liquide dans un système de tubes ramifiés. (Wundt.). 640
— 136. Appareil de Poiseuille 641
— 137. Trajectoire décrite par une molécule liquide. (Wundt.). . . 642
— 138. Trajectoire des molécules liquides dans le cas de coexistence du mouvement de translation et du mouvement d'ondulation. (Wundt.) 642
— 139. Schéma circulatoire de Weber. 644
— 140. Graphique des mouvements du cœur chez l'homme. (Marey.) 647
— 141. Cardiographe de Marey. 647
— 142. Cardiographe de Legros et Onimus. 648
— 143. Graphique du cœur de la grenouille. 649
— 144. Schéma des mouvements du cœur. 650
— 145. Équilibre du cœur dans le thorax. (Hermann.) 652
— 146. Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant la contraction du ventricule. (Küss.) 654
— 147. Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant le repos du ventricule. (Küss.) 654
— 148. Schéma du choc du cœur. (Marey.) 658
— 149. Schéma d'un cône vasculaire. (Küss.) 665

Pages.

Fig. 150. Schéma des cônes artériel et veineux avec interposition des capillaires. (Küss.). 665
— 151. Schéma de la grande et de la petite circulation. (Küss.). . 665
— 152. Sphygmographe de Vierordt. 667
— 153. Sphygmographe de Béhier 668
— 154. Graphique du pouls 668
— 155. Sphygmographe de Longuet 669
— 156. Analyse du tracé sphygmographique. 672
— 157. Tube de Hales 681
— 158. Hémodynamomètre de Poiseuille 681
— 159. Manomètre compensateur de Marey 682
— 160. Manomètre différentiel de Cl. Bernard 683
— 161. Kymographion de Ludwig 685
— 162. Kymographion de Fick. 686
— 163. Graphique du cardiographe sur le cheval. (Marey.). . . . 687
— 164. Courbe des pressions dans le système vasculaire 688
— 165. Graphique de la pulsation de l'aorte et de la faciale. (Marey.) 689
— 166. Hémodromomètre de Volkmann. 692
— 167. Appareil de Ludwig et Dogiel pour mesurer la vitesse du sang. 693
— 168. Hémotachomètre de Vierordt. 694
— 169. Hémodromographe de Chauveau et Lortet 695
— 170. Graphique des variations de la vitesse et de la pression du sang dans la carotide du cheval. (Lortet.). 696
— 171. Graphique de la vitesse et de la pression dans la carotide du cheval. (Lortet.). 696
— 172. Appareil de Du Bois Reymond pour démontrer les courants nerveux et musculaire. 724
— 173. Muscle à surface naturelle placé sur les coussinets. 725
— 174. Muscle à surface artificielle placé sur les coussinets. . . . 725
— 175. Patte galvanoscopique 725
—. 176. Direction du courant musculaire 726
— 177. Force et direction des courants. 727
— 178. Schéma de l'intensité des courants dans le cylindre nerveux. 728
— 179. Disposition des molécules dipolaires dans le muscle. . . . 732
— 180. Schéma de l'appareil auditif 733
— 181. Coupe horizontale de la tête au niveau du conduit auditif externe 735
— 182. Mouvement du marteau et de l'enclume 739
— 183. Appareil de J. Müller pour la transmission des vibrations dans la caisse du tympan 740
— 184. Courbes d'intensité calorifique, lumineuse et chimique des différentes régions du spectre solaire 759
— 185. Lois de la réfraction. 761
— 186. Construction d'un rayon réfracté 762
— 187. Construction de l'image d'un objet 763
— 188. Système dioptrique centré 763
— 189. Construction d'un rayon réfracté 765
— 190. Construction de l'image d'un point 765

Pages.
Fig. 191. Œil schématique (coupe transversale) 767
— 192. Principe de l'ophthalmomètre. 769
— 193. Ophthalmomètre d'Helmholtz. 770
— 194. Images de Purkinje 770
— 195. Angle visuel 772
— 196. Cercles de diffusion 775
— 197. Expérience de Scheiner. 776
— 198. Expérience de Scheiner. 777
— 199. Œil emmétrope 778
— 200. Œil myope. 778
— 201. Œil hypermétrope. 778
— 202. Aberration de sphéricité 780
— 203. Astigmatisme régulier. 781
— 204. Dispersion de la lumière blanche 784
— 205. Phénomènes entoptiques extra-rétiniens 785
— 206. Position des corpuscules opaques dans l'œil 786
— 207. Optomètre de Perrin et Mascart. 792
— 208. Mécanisme de l'accommodation. 794
— 209. Expérience de Mariotte. 801
— 210. Expérience de Volkmann. 803
— 211. Irradiation 812
— 212. Double fente en V, pour obtenir deux spectres partiellement superposés. 817
— 213. Double spectre partiellement superposé 817
— 214. Procédé de Lambert pour le mélange des couleurs 818
— 215. Disque rotatif de Newton pour le mélange des couleurs . . 818
— 216. Toupie chromatique de Maxwell. 819
— 217. Disque de la toupie de Maxwell. 819
— 218. Superposition des disques. 819
— 219. Triangle chromatique 824
— 220. Irritabilité des trois sortes de fibres rétiniennes. 826
— 221. Disque rotatif. 832
— 222. Expérience de Wheatstone 844
— 223. Localisation des perceptions visuelles 852
— 224. Illusions de la grandeur 854
— 225. Stéréoscope de Brewster 857
— 226. Illusions de relief 858
— 227. Projection de deux pyramides 859
— 228. Aiguille æsthésiométrique de l'auteur 875
— 229. Æsthésiomètre 877
— 230. Expérience d'Aristote 881
— 231. Schéma de l'innervation tactile. 884
— 232. Schéma de l'innervation tactile 884
— 233. Schéma de l'innervation tactile 885
— 234. Sensibilité récurrente. (Cl. Bernard.). 900
— 235. Innervation oculaire. (Figure schématique.) 907
— 236. Altérations de l'œil après la section du trijumeau. (Cl. Bernard.) 909
— 237. Nerf maxillaire supérieur. (Figure schématique.) 912

Pages.
Fig. 238. Nerf maxillaire inférieur. (Figure schématique.) 915
— 239. Nerf facial. (Figure schématique.) 925
— 240. Nerf glosso-pharyngien. (Figure schématique.) 931
— 241. Nerf pneumogastrique. (Figure schématique.). 935
— 242. Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques (lapin) 942
— 243. Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques. (Deuxième stade.). 943
— 244. Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques. (Troisième stade.) 944
— 245. Nerf spinal. (Figure schématique.). 949
— 246. Nerf hypoglosse. (Figure schématique.) 952
— 247. Innervation du cœur. (Figure schématique.) 954
— 248. Crâne de lapin; partie postérieure. (Cl. Bernard.) 995
— 249. Ciseau pour la piqûre diabétique. 995
— 250. Coupe d'une tête de lapin. (Cl. Bernard.). 996
— 251. Plancher du 4e ventricule chez le lapin. (Cl. Bernard.). . . 996
— 252. Pigeon après l'ablation du cervelet. (Dalton). 1006
— 253. Mouvements de manége. 1009
— 254. Mouvement de rotation en rayon de roue 1009
— 255. Pigeon après l'ablation des lobes cérébraux. (Dalton.). . . 1013
— 256. Situation probable des centres moteurs chez l'homme. . . 1014
— 257. Spermatozoïdes 1033
— 258. Circulation fœtale. (Figure schématique.). 1047
— 259. Oreillette droite. 1048
— 260. Oreillette gauche 1048
— 261. Graphique de la dernière respiration. . . . . [illegible]
— 262. Électrodes éloignées. (Fick.) 1067
— 263. Électrodes rapprochées. (Fick.) 1067
— 264. Loi de Pflüger, courant ascendant. 1070
— 265. Loi de Pflüger, courant descendant 1071

[redacted]

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

PRÉFACE I

CHAPITRE PRÉLIMINAIRE. — Le laboratoire de physiologie. . VII
1° Du local. VII
2° Vivisections. VIII
3° Micrographie XII
4° Chimie physiologique XII
5° Appareils et instruments. XII
6° Personnel du laboratoire. XXVII
7° Laboratoire de l'étudiant XXVII
Appendice. — Anatomie de la grenouille. XXX

PREMIÈRE PARTIE.

Prolégomènes.

1. De la force et du mouvement 1
2. Caractères généraux des corps vivants. 17
3. Caractères distinctifs des animaux et des végétaux.. 26
4. Place de l'homme dans la nature 33

DEUXIÈME PARTIE.

Chimie physiologique.

CHAPITRE Ier. — Principes constituants du corps humain.. . . . 43
1. Corps simples. 43
2. Corps composés. 44
Appendice. — Caractères et réactions des principales substances organiques constituant le corps humain 51

CHAPITRE II. — Gaz du corps humain. 76

CHAPITRE III. — Liquides du corps humain 80
Article premier. — Sang, lymphe et chyle. 81
1. Sang 83
2. Lymphe 108
3. Chyle. 112
Article deuxième. — Sérosités et transsudations. 115
Article troisième. — Sécrétions salines et extractives 116
1. Urine 116
2. Sueur 125
3. Larmes 128
4. Bile 128

Pages.

Article quatrième. — Sécrétions graisseuses. 135
1. Lait 135
2. Matière sébacée et cérumen. 142

Article cinquième. — Sécrétions albumineuses 143
1. Sperme. 143
2. Mucus 144
3. Synovie 145

Article sixième. — Sécrétions à ferments ou sécrétions digestives 145
1. Salive 145
2. Suc gastrique. 155
3. Suc pancréatique 161
4. Suc intestinal 166

CHAPITRE IV. — Tissus et organes 168

Article premier. — Chimie des tissus 168
1. Tissus connectifs 168
2. Tissus cornés 171
3. Tissu musculaire 172
4. Tissu nerveux. 174

Article deuxième. — Chimie des organes 175
1. Centres nerveux 175
2. Foie 176
3. Organes glandulaires 177
4. Glandes vasculaires sanguines. 178

CHAPITRE V. — Réactions chimiques dans l'organisme vivant. . 179
1° Décompositions 179
2° Synthèses. 184
3° Fermentations. 185

CHAPITRE VI. — Nature des principes de l'organisme 191

TROISIÈME PARTIE.

Physiologie de l'individu.

PREMIÈRE SECTION. — Physiologie générale 204

CHAPITRE Ier. — Physiologie cellulaire 204
1. Substance organisée ou protoplasma. 205
2. Cellule 211

CHAPITRE II. — Physiologie des tissus ou histophysiologie. . . 224
1. Physiologie des tissus connectifs. 225
2. Physiologie des épithéliums. 236

[redacted]

Pages.
3. Physiologie du tissu musculaire 252
a. Tissu musculaire strié 252
b. Tissu musculaire lisse 282
4. Physiologie du tissu nerveux 285
a. Physiologie des nerfs 291
b. Physiologie des cellules nerveuses 300
c. Physiologie des organes nerveux périphériques. 307
d. Phénomènes généraux de l'innervation. 308

Chapitre III. — Physiologie générale de l'organisme 321
1. Nutrition 321
a. Actes intimes de la nutrition. 322
— 1. Absorption. 323
— 2. Élimination. 328
— 3. Transsudation et exhalation interstitielles. 329
— 4. Résorption interstitielle. 330
b. Phénomènes généraux de la nutrition 332
— 1. Assimilation 332
— 2. Désassimilation. 333
— 3. Accroissement. 334
— 4. Développement. 339
— 5. Régénération. 340
— 6. Réserve organique. 341
2. Génération et reproduction 343
a. Génération spontanée 343
b. Génération asexuelle. 345
c. Génération sexuelle 347
d. Générations alternantes 351
e. Théories de la génération 353

DEUXIÈME SECTION. — Physiologie spéciale. 356

Chapitre Ier. — Physiologie fonctionnelle. 356

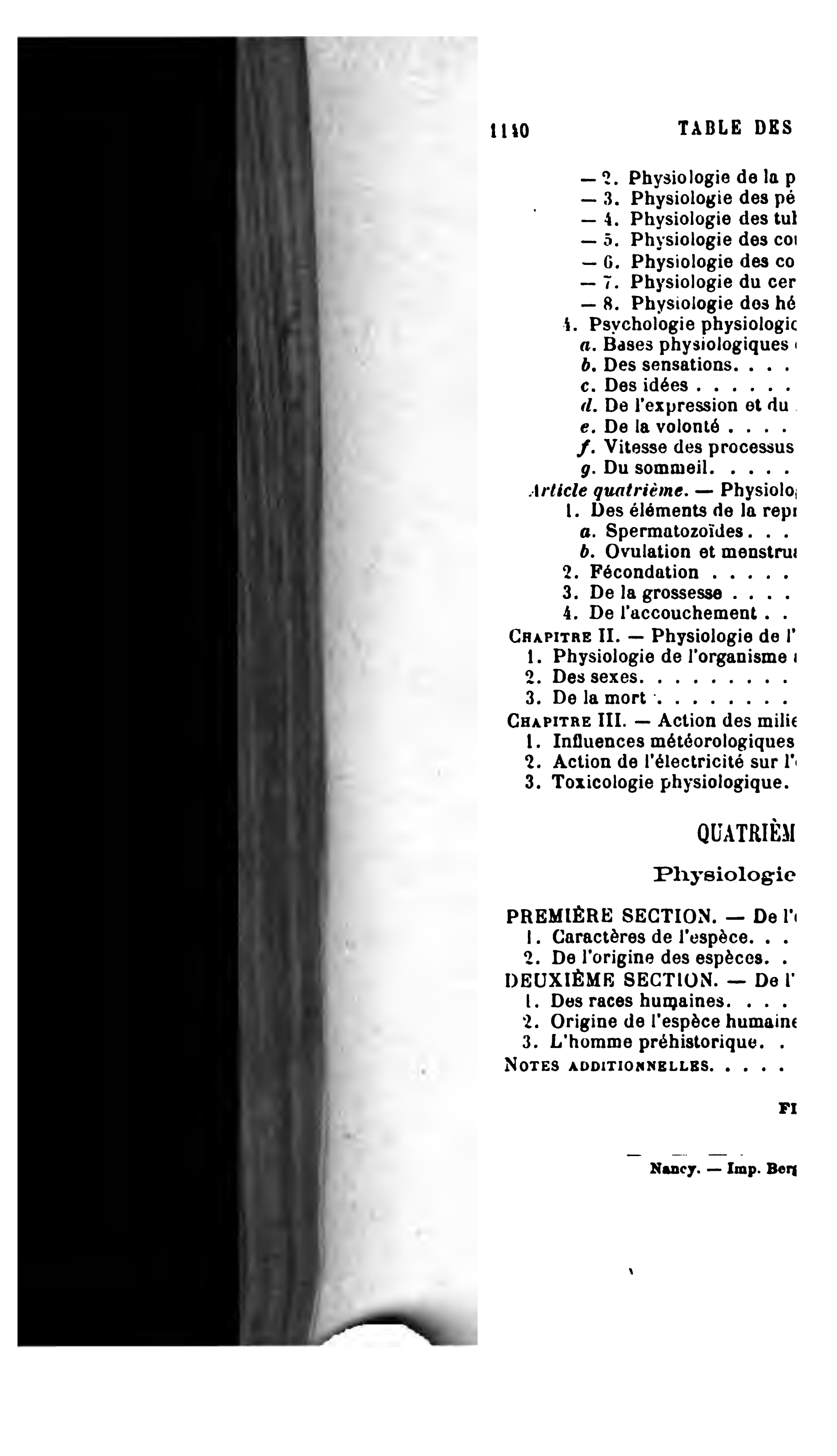
Article premier. — Physiologie de la nutrition. 356
1. Digestion. 356
a. Des aliments 356
b. Action des sécrétions du tube digestif sur les aliments. 378
— 1. Action de la salive sur les aliments 379
— 2. Action du suc gastrique sur les aliments. 382
— 3. Action du suc pancréatique sur les aliments. . . 392
— 4. Action de la bile sur les aliments 395
— 5. Action du suc intestinal sur les aliments. 398
c. De la digestion dans les divers segments du tube digestif. 399
— 1. Digestion dans la cavité buccale 399
— 2. Digestion stomacale. 400
— 3. Digestion dans l'intestin grêle. 403
— 4. Digestion dans le gros intestin. 404
d. Changements des aliments dans le tube digestif. . . . 406

Pages.
e. Absorption par le tube digestif. 408
— 1. Absorption alimentaire. 408
— 2. Absorption sécrétoire. 411
f. Voies de l'absorption digestive. 412
g. Phénomènes post-digestifs dans l'intestin. 415
2. Respiration. 416
a. Respiration pulmonaire 421
b. Respiration cutanée 451
3. Sécrétions. 453
a. Sécrétion rénale. 453
b. Sécrétion de la sueur 461
c. Sécrétion lacrymale 463
d. Sécrétion biliaire 464
e. Sécrétion du lait. 469
f. Sécrétion sébacée. 471
g. Sécrétion spermatique. 471
h. Sécrétion salivaire. 472
i. Sécrétion du suc gastrique. 477
k. Sécrétion du suc pancréatique. 478
l. Sécrétion du suc intestinal. 479
4. Absorptions locales 479
5. Physiologie du foie 483
a. Glycogénie 483
b. Autres fonctions du foie 493
6. Physiologie des glandes vasculaires sanguines 494
a. Physiologie des organes lymphoïdes 495
b. Physiologie de la rate 496
7. Statique de la nutrition 500
8. Assimilation. 514
9. Désassimilation. 519

Article second. — Physiologie du mouvement 538
1. Production de travail mécanique. 538
a. Station et locomotion. 539
— 1. Mécanique musculaire 540
— 2. Station. 546
— 4. Locomotion. — Marche et course 551
b. Mécanique respiratoire 558
c. Phonation. 577
d. Parole. 597
e. Mécanique de la digestion 621
f. Excrétion urinaire. 632
g. Mécanique de la circulation 635
— 1. Circulation sanguine 635
— 2. Circulation lymphatique 701
2. Production de chaleur. 703
3. Production d'électricité. — Électricité animale. 724

Article troisième. — Physiologie de l'innervation 732
1. Physiologie des sensations. 732

Pages.
a. Audition 732
— 1. Transmission des vibrations sonores jusqu'au nerf auditif. 733
— 2. De la sensation auditive 742
b. Vision 757
— 1. De la lumière 758
— 2. Trajet des rayons lumineux dans l'œil. Dioptrique oculaire 759
— 3. Des sensations visuelles. 799
— 4. Des sensations de couleur. 814
— 5. Mouvements du globe oculaire 833
— 6. Vision binoculaire 841
— 7. Perceptions visuelles. — Notions fournies par la vue. 849
— 8. Propriétés physiologiques générales du globe oculaire 860
— 9. Appareils de protection du globe oculaire. . . . 862
c. Olfaction 864
d. Gustation 868
e. Toucher. 870
— 1. Sensations tactiles 870
— 2. Sensations de température 887
f. Sensations musculaires. 891
g. Sensations internes. 894
2. Physiologie des nerfs 898
a. Nerfs rachidiens. 898
b. Nerfs crâniens. 902
— 1. Nerf olfactif. 902
— 2. Nerf optique 902
— 3. Nerf moteur oculaire commun. 903
— 4. Nerf pathétique 905
— 5. Nerf trijumeau. 906
— 6. Nerf moteur oculaire externe 922
— 7. Nerf facial. 922
— 8. Nerf auditif 929
— 9. Nerf glosso-pharyngien 930
— 10. Nerf pneumogastrique 933
— 11. Nerf spinal. 948
— 12. Nerf grand hypoglosse. 951
c. Nerfs des organes circulatoires. 953
— 1. Innervation du cœur 953
— 2. Nerfs vasculaires. 959
d. Nerfs glandulaires. 971
e. Nerfs trophiques. 973
f. Grand sympathique 974
3. Physiologie des centres nerveux. 977
a. Physiologie de la moelle épinière. 977
b. Physiologie de l'encéphale. 990
— 1. Physiologie du bulbe. 991



— 2. Physiologie de la p
— 3. Physiologie des pé
— 4. Physiologie des tul
— 5. Physiologie des coı
— 6. Physiologie des co
— 7. Physiologie du cer
— 8. Physiologie des hé
4. Psychologie physiologic
a. Bases physiologiques
b. Des sensations. . . .
c. Des idées . . . . . .
d. De l'expression et du
e. De la volonté . . . .
f. Vitesse des processus
g. Du sommeil. . . . .
Article quatrième. — Physiolo
1. Des éléments de la repı
a. Spermatozoïdes. . .
b. Ovulation et menstru
2. Fécondation . . . . .
3. De la grossesse . . . .
4. De l'accouchement . .
CHAPITRE II. — Physiologie de l'
1. Physiologie de l'organisme
2. Des sexes. . . . .
3. De la mort . . . .
CHAPITRE III. — Action des milie
1. Influences météorologiques
2. Action de l'électricité sur l'
3. Toxicologie physiologique.

QUATRIÈM

Physiologie

PREMIÈRE SECTION. — De l'
1. Caractères de l'espèce. . .
2. De l'origine des espèces. .
DEUXIÈME SECTION. — De l'
1. Des races humaines. . . .
2. Origine de l'espèce humaine
3. L'homme préhistorique. .
NOTES ADDITIONNELLES. . . . .

FI

Nancy. — Imp. Ber





COURS DE PI

D'APRÈS L'ENSEIGNEMEN

Publié par le docteı

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris

Deuxième édition, 1873. 1 vol. in-18 de vı

COURS DE M

COMPLÉMENTAIRE DE

Anatomie microscopique et physio

Par le docteuı

Recteur de l'Académie de Montpellier, ex-chef d

In-8° de 550 pages

ATLAS DU COURS

EXÉCUTÉ D'APRÈS NATURE AU

Par le docteur A. DON

Un volume in-folio de 20 planches gravée

DU MICR

DE SES APPLICATIONS A L'ANATOMI

ET AU TRAITEME

Par M. 1

Professeur à la Faculté

Paris, 1857, in-4° de 200 pages, a

ANATOMIE MIC

Par le docteu

OUVRAGE

Paris, 1838-1857, 2 volumes in-folio

LA PHOTOGRAPHIE APPLIQUÉE AU

Par A. MO

Professeur à la Faculté de

Paris, 1867, 1 vol. in-18 jésus, 340 p
photographiée

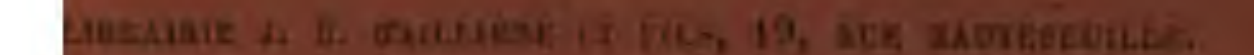
BEAUNIS. **Programme du cours co**
Faculté de médecine de Strasbourg par
Faculté de médecine de Nancy. Paris, 1

BYASSON (Henri). **Des Matières amy**
nomie. Paris, 1873, grand in-8° de 112 p

LEGROS. **Des Nerfs vaso-moteurs**,
Faculté de médecine de Paris Paris, 18

SCHIFF **De l'Inflammation et de la c**
traduction de l'italien par le docteur R.
des hôpitaux de Marseille. Paris, 1873,

ENVOI FRANCO CONTRE U




HISTOIRE NATURELL
ET

ANDOUARD. Nouveaux
professeur à l'École de
pages, avec figures.....
BÉCLU (H.). Nouveau
propriétés médicinales
1 vol. in-12 de
CAUVET. Nouveaux Él
cale, comprenant des
nique et la minéralogie,
des végétaux utiles ou
soit par leurs produits,
rieure de pharmacie de N
Codex medicamentar
ordre du gouvernement.
glaise.....................
Commentaires théra
rius, ou Histoire de l'a
tiques des médicaments
M. Gubler, professeur d
Deuxième édition. 1 vol
DUCHARTRE. Élément
des plantes et la physiolo
de la distribution géogra
cadémie des sciences, p
de 800 pages, avec 500 fi
FERRAND (A.). Traité
pour l'application des p
tion thérapeutique et s
A. Ferrand, médecin de
Cartonné.....................
FERRAND (E.). Aide-mé
pharmacien à l'officine
macien. 1 vol. in-18 jés
GALLOIS. Formulaire
formules favorites
docteur N. Gallois, la
452 pages.....................
GERVAIS et VAN BENED
vais, professeur au Mus
2 vol. in-8, avec 195 fig
GIACOMINI. Traité de
tique. 1 vol. in-8 de 6
GLONER. Nouveau dic
nant l'exposé des divers
les plus célèbres pratici
de VIII-805 pages.......
GUIBOURT. Histoire n
J.-B. Guibourt. Sixièm
l'École de pharmacie. 4

Envoi franco

